



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

PROYEK AKHIR TERAPAN - VC181819

ANALISA REDUKSI BANJIR DI SUNGAI WELANG, KABUPATEN PASURUAN DENGAN RENCANA PENGEMBANGAN *SEPARATE RETARDING BASIN*

NADYA RISKHA HAYUNINGTYAS
NRP. 10111510000037

Dosen Pembimbing
Dr. Ir. Hendra Wahjudi, MS.
NIP. 19630426 199803 1 001

PROGRAM SARJANA TERAPAN
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2019



PROYEK AKHIR TERAPAN - VC181819

**ANALISA REDUKSI BANJIR DI SUNGAI WELANG,
KABUPATEN PASURUAN DENGAN RENCANA
PENGEMBANGAN *SEPARATE RETARDING BASIN***

**NADYA RISKHA HAYUNINGTYAS
NRP. 10111510000037**

**Dosen Pembimbing
Dr. Ir. Hendra Wahjudi, MS.
NIP. 19630426 199803 1 001**

**PROGRAM SARJANA TERAPAN
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2019**

“halaman ini sengaja dikosongkan”

LEMBAR PENGESAHAN

**“ANALISA REDUKSI BANJIR DI SUNGAI WELANG,
KABUPATEN PASURUAN DENGAN RENCANA
PENGEMBANGAN *SEPARATE RETARDING BASIN*”**

TUGAS AKHIR TERAPAN

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar

Sarjana Terapan Teknik

Pada

Program Studi Diploma IV Teknik Sipil

Departemen Teknik Infrastruktur Sipil

Fakultas Vokasi

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya

Oleh:



Nadya Riska Hayuningtyas

NRP. 10111510000037

Tanggal Ujian : 26 Juni 2019

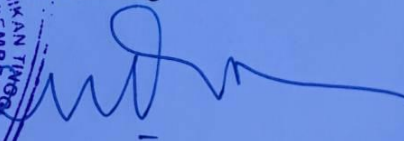
Periode Wisuda : Semester Genap 2018/2019

Disetujui Oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir :



Pembimbing

30 JUL 2019



Dr. Ir. Hendra Wahjudi, MS.

NIP. 19630426 199803 1 001



BERITA ACARA
TUGAS AKHIR TERAPAN
PROGRAM SARJANA TERAPAN TEKNOLOGI SIPIL
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI ITS

No. Agenda :
44852/IT2.VI.8.1/PP.05.02/2019

Tanggal :
26-6-2019

Judul Tugas Akhir Terapan	Analisa Reduksi Banjir di Sungai Welang Kabupaten Pasuruan dengan Rencana Pengembangan Separate Retarding Basin		
Nama Mahasiswa 1	Nadya Riska H.	NRP	1011151000037
Nama Mahasiswa 2		NRP	
Dosen Pembimbing 1	Dr. Ir. Hendra Wahyudi, MS. NIP 19630426 198803 1 003	Tanda tangan	
Dosen Pembimbing 2	NIP -	Tanda tangan	

URAIAN REVISI	Dosen Penguji
1. check penempatan & yg rusak 2. perbandingan penempatan sebelum & sesudah 3. Distribusi debit banjir 100 tdk sesuai Aliran di Kurangi Temponen.	 Ir. Ismail Sa'ud, M.MT. NIP 19600517 198903 1 002
	Ir. Edy Sumirman, M.T. NIP 19581212 198701 1 001
1) Kalibrasi, jelaskan apa yg kamu lakukan dalam proses kalibrasi tersebut? 2) Overlay kan hasil Analisis eksisting dgn bakan bosom 3) perhitungan pelimpahan samping belok ada 86r? 4) perjelas proses sebelum & sesudah koreksi?	 M. Hafizh Imaaduddin, S.T., M.T. NIP 19860212 201504 1 001
	NIP -

PERSETUJUAN HASIL REVISI			
Dosen Penguji 1	Dosen Penguji 2	Dosen Penguji 3	Dosen Penguji 4
Ir. Ismail Sa'ud, M.MT. NIP 19600517 198903 1 002	Ir. Edy Sumirman, M.T. NIP 19581212 198701 1 001	M. Hafizh Imaaduddin, S.T., M.T. NIP 19860212 201504 1 001	NIP

Persetujuan Dosen Pembimbing Untuk Penjilidan Buku Laporan Tugas Akhir Terapan	Dosen Pembimbing 1	Dosen Pembimbing 2
	Dr. Ir. Hendra Wahyudi, MS. NIP 19630426 198803 1 003	NIP -

“halaman ini sengaja dikosongkan”



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

FAKULTAS VOKASI
 DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL

Kampus ITS, Jl. Menur 127 Surabaya 60116

Telp. 031-5947637 Fax. 031-5938025

<http://www.diplomasipil-its.ac.id>

ASISTENSI TUGAS AKHIR TERAPAN

Nama : 1 Nadya Riska H. 2
NRP : 1 1011510000037 2
Judul Tugas Akhir : Analisa Reduksi Banjir di Sungai Welang, Kabupaten Pasuruan dengan Rencana Pengembangan Separate Retarding Basin
Dosen Pembimbing : Dr. Ir. Hendra Wahjudi, MS.

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan		
1	04 - 12 - 2018	- Data kosong diisi metode kekoso- ngan data :				
		a. Inversed square distance		B	C	K
		b. Perbandingan normal		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		- Menghitung konsistensi data (uji out liner)				
		- C_s & C_k		B	C	K
		- Debit banjir metode lain		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		- Q_{1000} thn, $Q_{1/2}$ PMF, Q PMF				
		- Data pos hujan & peta DAS dima- sukkan ke Arcgis		B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	07 - 01 - 2019	- Hitung PMF				
		- Metode SCS, ITB 1, ITB 2				
		- Double mass curve		B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	22 - 01 - 2019	- Metode Rasional, Weduwen, Melchior				
		- Lek stasiun hujan dg konsistensi data				
		- Mononobe, Ishigoro, ... (intensitas hujan)		B	C	K
		- Peta CAT		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Ket.

B = Lebih cepat dari jadwal

C = Sesuai dengan jadwal

K = Terlambat dari jadwal



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI

DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 Kampus ITS, Jl. Menur 127 Surabaya 60116
 Telp. 031-5947637 Fax. 031-5938025
<http://www.diplomasipil-its.ac.id>

ASISTENSI TUGAS AKHIR TERAPAN

Nama : 1 Nadya Riska H. 2
NRP : 1 10111510000037 2
Judul Tugas Akhir : Analisa Reduksi Banjir di Sungai Welang, Kabupaten Pasuruan dengan Rencana Pengembangan Separate Retarding Basin
Dosen Pembimbing : Dr. Ir. Hendra Wahjudi, MS.

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan		
4	07-02-2019	- Debit andalan (NRECA & FJMOCK)				
		- Cara statistik utk data AWLR				
		- Metode perhitungan I (kemiringan)	<i>Hendra</i>	B	C	K
		- Menghitung tanggul & normalisasi		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		- DAS dipecah menjadi sub DAS				
		- Kontrol banjir dilihat dr bangunan air / jembatan		B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5	14-02-2019	- Perhitungan groundshield, normalisasi, tanggul, krib, retarding basin	<i>Hendra</i>			
		- Data pasang surut		B	C	K
		- Perhitungan FJMOCK & NRECA		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6	01-03-2019	- Cari penampang Sub DAS (Arcgis)				
		- Tc sesuai rumus yg diikuti metodanya		B	C	K
		- Cari kalibrasi antara AWLR & debit rencana	<i>Hendra</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		- Jika sungai banjir, perlu analisa anak sungai (sub DAS)		B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Ket. :
 B = Lebih cepat dari jadwal
 C = Sesuai dengan jadwal
 K = Terlambat dari jadwal



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI

DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 Kampus ITS, Jl. Menur 127 Surabaya 60116
 Telp. 031-5947637 Fax. 031-5938025
<http://www.diplomasipil-its.ac.id>

ASISTENSI TUGAS AKHIR TERAPAN

Nama : 1 Nadya Riska H. 2
NRP : 1 10111510000037 2
Judul Tugas Akhir : Analisa Reduksi Banjir di Sungai Welang, Kabupaten Pasuruan dengan Rencana Pengembangan Separate Retarding Basin
Dosen Pembimbing : Dr. Ir. Hendra Wahjudi, MS.

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan		
7	19-03-2019	- Diket lagi penentuan sub DAS (delinasi)				
		- Menentukan debit AWLR dengan metode statistik untuk mengetahui periode ulang tahunan	<i>Hendra</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		- Perhitungan data AWLR				
		- Data DAS dan aliran sungai sesuai PERMEN PU		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8	10-04-2019	- Tambah sub DAS bagian hilir				
		- Perbandingan peta penggunaan lahan dan RTAW		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		- Menghitung debit sub DAS dari data AWLR	<i>Hendra</i>			
		- Menghitung kalibrasi antara AWLR dengan debit Nakayasu		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		- Pasang peta CAT				
		- Selesaikan bab 2 dan bab 3		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Ket. :
 B = Lebih cepat dari jadwal
 C = Sesuai dengan jadwal
 K = Terlambat dari jadwal



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI

DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 Kampus ITS, Jl. Menur 127 Surabaya 60116
 Telp. 031-5947637 Fax. 031-5938025
<http://www.diplomasipil-its.ac.id>

ASISTENSI TUGAS AKHIR TERAPAN

Nama : 1 Nadya Riska H. 2
NRP : 1 10111510000037 2
Judul Tugas Akhir : Analisa Reduksi Banjir di Sungai Welang, Kabupaten Pasuruan dengan Rencana Pengembangan Separate Retarding Basin
Dosen Pembimbing : Dr. Ir. Hendra Wahjudi, MS.

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan		
9	02 - 05 - 2019	- Hitung t_c dan t_d pada aliran sungai.				
		- Data pasang surut.		B	C	K
		- Cari metode lain untuk data hujan hilang.	<i>hendra</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		- Periksa cross section sungai.				
				B	C	K
10	13 - 05 - 2019	- $Q = \frac{1}{n} \cdot R^{2/3} \cdot I^{1/2}$ untuk t_d (R asumsi rata-rata luas penampang cross section).		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		- Perhitungan data pasang surut dg metode admiralty.		B	C	K
		- Perhitungan intensitas hujan selama 3 jam, 6 jam, dan 24 jam.	<i>hendra</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		- Pengendalian banjir tidak perlu Reff		B	C	K
		- Koef. pengaliran bisa dari hasil kalibrasi.		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Ket. :
 B = Lebih cepat dari jadwal
 C = Sesuai dengan jadwal
 K = Terlambat dari jadwal



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI

DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 Kampus ITS, Jl. Menur 127 Surabaya 60116
 Telp. 031-5947637 Fax. 031-5938025
<http://www.diplomasipil-its.ac.id>

ASISTENSI TUGAS AKHIR TERAPAN

Nama : 1 Nadya Riska H. **2**
NRP : 1 10111510000037 **2**
Judul Tugas Akhir : Analisa Reduksi Banjir di Sungai Welang, Kabupaten Pasuruan dengan Rencana Pengembangan Separate Retarding Basin
Dosen Pembimbing : Dr. Ir. Hendra Wahjudi, MS.

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan		
11.	28-05-2019	- Analisa kolam tiap sungai				
		- Kalibrasi AWLR dg debit rencana				
		- Masukkan puncak Nakayasu pada HEC RAS	<i>Hendra</i>	B	C	K
		- Cek aliran penangguhulan				
		- base banjir (Gt)				
		- Penyusunan TA		B	C	K
				B	C	K
				B	C	K
				B	C	K
				B	C	K
				B	C	K

Ket. :
 B = Lebih cepat dari jadwal
 C = Sesuai dengan jadwal
 K = Terlambat dari jadwal

“halaman ini sengaja dikosongkan”

“ANALISA REDUKSI BANJIR DI SUNGAI WELANG, KABUPATEN PASURUAN DENGAN RENCANA PENGEMBANGAN *SEPARATE RETARDING BASIN*”

Mahasiswa : Nadya Riska Hayuningtyas
NRP : 10111510000037
Departemen : Teknik Infrastruktur Sipil FV-ITS
Dosen Pembimbing : Dr. Ir. Hendra Wahjudi, MS.
NIP : 19630426 199803 1 001

ABSTRAK

Banjir merupakan permasalahan yang sering terjadi Indonesia dikarenakan kapasitas sungai tidak mampu menampung debit yang masuk. Curah hujan yang tinggi menjadi salah satu penyebab terjadinya banjir. Salah satu penanganan banjir yaitu retarding basin. Sungai Welang yang berada di Daerah Aliran Sungai Welang yaitu sungai yang melewati Kabupaten Malang, Kabupaten Pasuruan, dan Kota Pasuruan. Luas area DAS Welang sebesar 521.788 km² dan panjang Sungai Welang sekitar 42.569 km. Tujuan analisa ini yaitu untuk mencari volume retarding basin pada sub DAS pada DAS Welang dan keefektifan retarding basin untuk mereduksi banjir pada Sungai Welang.

Metodologi pada studi kasus ini adalah pengumpulan data, analisa hidrologi, analisa hidarulika, analisa retadasi, dan analisa reduksi banjir. Metode yang digunakan untuk perhitungan debit rencana adalah HSS Nakayasu. Metode yang digunakan untuk menentukan volume retarding basin adalah Metode Muskingum. Program yang digunakan pada analisa ini adalah ArcGIS dan HEC-RAS.

Sub DAS yang digunakan pada analisa ini sebanyak 19 sub DAS. Debit puncak dengan Metode HSS Nakayasu pada DAS Welang sekitar 873.548 m³/detik, sedangkan pada total debit puncak pada 19 sub DAS sekitar 627.141 m³/detik.

Jumlah retarding basin yang direncanakan sebanyak 19 kolam dan total volume retarding basin dengan Metode Muskingum adalah 11696567 m³. Keefektifan retarding basin dalam mereduksi banjir sekitar 73%.

Kata kunci : *Banjir, Debit, Retarding Basin, HSS Nakayasu, Metode Muskingum, HEC-RAS, ArcGIS*

**“ANALYSIS OF REDUCING FLOOD IN WELANG
RIVER, PASURUAN REGENCY WITH SEPARATE
RETARDING BASIN DEVELOPMENT PLAN”**

Mahasiswa	: Nadya Riska Hayuningtyas
NRP	: 10111510000037
Departemen	: Teknik Infrastruktur Sipil FV-ITS
Dosen Pembimbing	: Dr. Ir. Hendra Wahjudi, MS.
NIP	: 19630426 199803 1 001

ABSTRACT

Flooding is a problem that often occurs in Indonesia because the capacity of the river can't accommodate its inflow. High rainfall is one of the causes of flooding. One of the handling of floods is the retarding basin. Welang River, which is located in DAS Welang, is a river that passes through Malang Regency, Pasuruan Regency, and Pasuruan City. The area of the DAS Welang is 521.788 km² and the length of the Welang River is around 42.569 km. the purpose of this analysis is searching retarding basin's volumes in sub DAS of DAS Welang and getting the effectiveness of the retarding basin to reduce flooding Welang River.

The methodology in this case study are collecting datas, analyzing hydrology, analyzing hydraulic, analyzing retardation, and analyzing flood reduction. The method that used for calculating inflow is Nakayasu Syththetic Unit Hydrograph. The method that used to determine the volume of the retarding basin is Muskingum Method. The programs that used in this analysis are ArcGIS and HEC-RAS.

Sub-watersheds those used in this analysis are 19 sub-watersheds. The paek inflow that used Nakayasu Syththetic Unit Hydrograph Method in DAS Welang is around 873.548 m³/sec, while the inflow total of 19 sub-watersheds is around 627.141 m³/sec. Planning of the retarding basin are 19 ponds and

volume total of the retarding basin that used Muskingum Method is 11696567 m³. The effectiveness of the retarding basins that reducing flood is around 73%.

Keywords : *Flood, Flow, Retarding Basin, Nakayasu Method, Muskingum Method, HEC-RAS, ArcGIS*

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT karena berkat dan rahmat-Nya, penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir Terapan ini. Dalam penyusunan dan penulisan Tugas Akhir Terapan ini, penulis tidak terlepas dari bantuan, bimbingan, serta dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu dalam kesempatan ini penulis menyampaikan terima kasih kepada yang terhormat :

1. Orang tua, adik-adik, dan keluarga besar lainnya yang selalu memberi dukungan dan restu dalam Tugas Akhir Terapan ini.
2. Dosen pembimbing dan dosen-dosen Departemen Teknik Infrastruktur Sipil ITS dalam ilmu yang diberikan sehingga saya dapat mengerjakan Tugas Akhir Terapan ini.
3. Teman-teman DTIS yang selalu membantu dan memberi dukungan bersama dalam penyusunan Tugas Akhir Terapan ini.
4. Teman-teman lain yang sama-sama berjuang dalam mengerjakan Tugas Akhir/ Skripsi di universitas lain.
5. Lembaga-lembaga yang bersangkutan dalam pemberian data untuk mendukung Tugas Akhir Terapan ini.

Demikian laporan ini disusun. Penulis meminta maaf jika laporan ini masih banyak terdapat kekurangan bahkan kesalahan. Semoga dengan dengan Tugas Akhir ini bermanfaat bagi masyarakat.

Surabaya, 27 Juli 2019

Penulis

“halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	iii
BERITA ACARA	v
LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR TERAPAN.....	vii
ABSTRAK.....	xiii
<i>ABSTRACT</i>	xv
KATA PENGANTAR	xvii
DAFTAR ISI.....	xix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Batasan Masalah.....	2
1.5 Manfaat	3
1.6 Studi Kasus.....	3
1.6.1 Sungai Welang	3
1.6.2 Kabupaten Pasuruan	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Analisa Hidrologi	7
2.1.1 Perkiraan Data Hujan Hilang.....	7
2.1.2 Uji Konsistensi Data.....	7
2.1.3 Curah Hujan Rerata Maksimum	8
2.1.4 Distribusi Probabilitas	8
2.1.5 Uji Kecocokan Data	12
2.1.6 Intensitas Hujan.....	14
2.1.7 Debit Rencana	15
2.2 Analisa Hidraulika.....	17
2.2.1 ArcGIS	17
2.2.2 HEC-RAS.....	30
2.3 <i>Retarding Basin</i>	35
2.3.1 Metode Muskingum.....	37
2.3.2 Pelimpah Samping.....	38
BAB III METODOLOGI	41
3.1 Pengumpulan Data	41
3.2 Analisa Hidrologi	41

3.3	Analisa Hidraulika	41
3.4	Analisa Retadasi	42
3.5	Analisa Reduksi Banjir	42
BAB IV	PEMBAHASAN	45
4.1	Analisa Hidrologi	45
4.1.1	Perkiraan Data Hujan Hilang	45
4.1.2	Uji Konsistensi Data	47
4.1.3	Curah Hujan Rerata Maksimum	51
4.1.4	Analisa Hujan Rencana.....	52
4.1.5	Intensitas Hujan Rencana.....	58
4.1.6	Pembagian DAS ke Sub DAS	60
4.1.7	Koefisien Pengaliran.....	61
4.1.8	Analisa Debit Rencana	63
4.1.9	Analisa Data AWLR.....	95
4.2	Analisa Hidraulika.....	102
4.2.1	Data Penampang Sungai (<i>Cross Section</i>).....	102
4.2.2	Koefisien Kekasaran Manning.....	103
4.2.3	Analisa HEC-RAS	105
4.3	Analisa Retadasi	117
4.3.1	Analisa Debit Keluar (<i>Outflow</i>)	117
4.3.2	Analisa <i>Storage Area</i> (Tampungan <i>Retarding Basin</i>)	140
4.3.3	Analisa Pelimpah Samping	180
4.4	Analisa Reduksi Banjir	186
BAB V	PENUTUP	197
5.1	Kesimpulan.....	197
5.2	Saran.....	197
LAMPIRAN	199
DAFTAR PUSTAKA	205
BIODATA PENULIS	207

DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1. Nama sungai yang diketahui yang mengalir ke Sungai Welang	4
Tabel 1. 2. Data bangunan air di sekitar Sungai Welang	5

Tabel 2. 1. Persyaratan parameter statistik distribusi.....	9
Tabel 2. 2. Nilai variabel reduksi Gauss untuk Distribusi Normal dan Log Normal	10
Tabel 2. 3. Faktor frekuensi K untuk Distribusi Probabilitas Log Pearson Type III.....	11
Tabel 2. 4. Nilai parameter Chi-Kuadrat kritis (χ^2_{cr}).....	12
Tabel 2. 5. Nilai ΔP kritis Smirnov-Kolmogorov	14
Tabel 2. 6. Harga koefisien kekasaran Manning.....	32
Tabel 2. 7. Kala ulang berdasarkan tipologi kota dan luas daerah pengaliran.....	37
Tabel 4. 1. Data curah hujan sebelum uji perkiraan data hilang	45
Tabel 4. 2. Data perhitungan Metode Inversed Square Distance	45
Tabel 4. 3. Data curah hujan setelah uji perkiraan data hilang	46
Tabel 4. 4. Perhitungan Double Mass Curve Test pos hujan Ngempit	47
Tabel 4. 5. Perhitungan Double Mass Curve Test pos hujan Wonorejo	47
Tabel 4. 6. Perhitungan Double Mass Curve Test pos hujan Telebuk	48
Tabel 4. 7. Perhitungan Double Mass Curve Test pos hujan Tutur	48
Tabel 4. 8. Perhitungan Double Mass Curve Test pos hujan Selowongko	49
Tabel 4. 9. Perhitungan Double Mass Curve Test pos hujan Purwosari	49
Tabel 4. 10. Perhitungan Double Mass Curve Test pos hujan Purwodadi	50
Tabel 4. 11. Perhitungan Double Mass Curve Test pos hujan Pager	50
Tabel 4. 12. Area pos hujan berdasarkan Poligon Thiessen ..	51
Tabel 4. 13. Hasil perhitungan curah hujan rerata maksimum dengan Metode Poligon Thiessen.....	52
Tabel 4. 14. Penentuan uji distribusi probabilitas Gumbel dan Normal pada data curah hujan.....	53

Tabel 4. 15. Penentuan uji distribusi probabilitas Log Normal dan Log Pearson Type III pada data curah hujan.....	53
Tabel 4. 16. Hasil penentuan uji distribusi probabilitas pada data curah hujan.....	53
Tabel 4. 17. Perhitungan untuk distribusi probabilitas Log Pearson Type III.....	54
Tabel 4. 18. Variabel standar untuk penentuan hujan rencana	54
Tabel 4. 19. Hujan rencana dengan distribusi probabilitas Log Pearson Type III.....	55
Tabel 4. 20. Urutan data curah hujan pada Metode Chi-Kuadrat	55
Tabel 4. 21. Interval kelas data curah hujan pada Metode Chi-Kuadrat.....	56
Tabel 4. 22. Perhitungan Metode Chi-Kuadrat untuk data curah hujan.....	56
Tabel 4. 23. Penentuan nilai χ^2 dan χ^2_{cr} Metode Chi-Kuadrat untuk data curah hujan	57
Tabel 4. 24. Urutan data curah hujan pada Metode Smirnov-Kolmogorof.....	57
Tabel 4. 25. Penentuan peluang data curah hujan pada Metode Smirnov-Kolmogorof.....	57
Tabel 4. 26. Penentuan nilai ΔP Metode Smirnov-Kolmogorof untuk data curah hujan	58
Tabel 4. 27. Hasil perhitungan intensitas hujan rencana dengan Metode Mononobe	58
Tabel 4. 28. Daftar pembagian Sub DAS	61
Tabel 4. 29. Koefisien pengaliran DAS Welang.....	62
Tabel 4. 30. Rata-rata hujan pada jam ke-t.....	63
Tabel 4. 31. Tinggi curah hujan efektif dengan periode ulang	64
Tabel 4. 32. Distribusi curah hujan jam-jam an.....	64
Tabel 4. 33. Perhitungan debit puncak dengan Metode HSS Nakayasu.....	66
Tabel 4. 34. Perhitungan hidrograf satuan pada waktu maksimum kurva.....	67

Tabel 4. 35. Perhitungan untuk grafik Metode HSS Nakayasu sebelum terkoreksi	68
Tabel 4. 36. Perhitungan debit puncak dengan Metode HSS Nakayasu setelah koreksi	70
Tabel 4. 37. Perhitungan unit hidrograf untuk grafik Metode HSS Nakayasu setelah terkoreksi	71
Tabel 4. 38. Perhitungan hidrograf banjir rencana Q25 sub DAS W1	73
Tabel 4. 39. Perhitungan hidrograf banjir rencana Q25 sub DAS S1	74
Tabel 4. 40. Perhitungan hidrograf banjir rencana Q25 sub DAS S2	75
Tabel 4. 41. Perhitungan hidrograf banjir rencana Q25 sub DAS S3	76
Tabel 4. 42. Perhitungan hidrograf banjir rencana Q25 sub DAS S4	77
Tabel 4. 43. Perhitungan hidrograf banjir rencana Q25 sub DAS S5	78
Tabel 4. 44. Perhitungan hidrograf banjir rencana Q25 sub DAS S6	79
Tabel 4. 45. Perhitungan hidrograf banjir rencana Q25 sub DAS S7	80
Tabel 4. 46. Perhitungan hidrograf banjir rencana Q25 sub DAS S8	81
Tabel 4. 47. Perhitungan hidrograf banjir rencana Q25 sub DAS S9	82
Tabel 4. 48. Perhitungan hidrograf banjir rencana Q25 sub DAS S10	83
Tabel 4. 49. Perhitungan hidrograf banjir rencana Q25 sub DAS S11	84
Tabel 4. 50. Perhitungan hidrograf banjir rencana Q25 sub DAS S12	85
Tabel 4. 51. Perhitungan hidrograf banjir rencana Q25 sub DAS S13	86
Tabel 4. 52. Perhitungan hidrograf banjir rencana Q25 sub DAS S14	87

Tabel 4. 53. Perhitungan hidrograf banjir rencana Q25 sub DAS S15	88
Tabel 4. 54. Perhitungan hidrograf banjir rencana Q25 sub DAS S16	89
Tabel 4. 55. Perhitungan hidrograf banjir rencana Q25 sub DAS S17	90
Tabel 4. 56. Perhitungan hidrograf banjir rencana Q25 sub DAS S18	91
Tabel 4. 57. Debit rencana 25 tahun pada DAS Welang.....	93
Tabel 4. 58. Total debit rencana 25 tahun pada sub DAS	94
Tabel 4. 59. Data AWLR maksimum DAS Welang tahun 2003-2017	95
Tabel 4. 60. Perhitungan untuk penentuan uji distribusi probabilitas Gumbel dan Normal pada data AWLR	96
Tabel 4. 61. Perhitungan untuk penentuan uji distribusi probabilitas Log Normal dan Log pearson Type III pada data AWLR.....	96
Tabel 4. 62. Hasil penentuan uji distribusi probabilitas pada data AWLR.....	96
Tabel 4. 63. Perhitungan untuk distribusi probabilitas Log Pearson Type III pada data AWLR	97
Tabel 4. 64. Variabel standar untuk penentuan periode ulang data AWLR	98
Tabel 4. 65. Hasil periode ulang data AWLR dengan distribusi probabilitas Log Pearson Type III.....	98
Tabel 4. 66. Urutan data AWLR pada Metode Chi-Kuadrat..	98
Tabel 4. 67. Interval kelas data AWLR pada Metode Chi-Kuadrat.....	99
Tabel 4. 68. Perhitungan Metode Chi-Kuadrat untuk data AWLR.....	100
Tabel 4. 69. Penentuan nilai χ^2 dan χ^2_{cr} Metode Chi-Kuadrat untuk data curah hujan	100
Tabel 4. 70. Urutan data AWLR pada Metode Smirnov-Kolmogorof.....	100
Tabel 4. 71. Penentuan peluang data AWLR pada Metode Smirnov-Kolmogorof.....	101

Tabel 4. 72. Penentuan nilai ΔP Metode Smirnov-Kolmogorof untuk data AWLR	101
Tabel 4. 73. Inflow total 19 sub DAS yang digunakan untuk uji HEC-RAS	108
Tabel 4. 74. Hasil analisa HEC-RAS untuk Sungai Welang W19	111
Tabel 4. 75. Inflow puncak tiap sub DAS yang digunakan untuk uji HEC-RAS	115
Tabel 4. 76. Hasil analisa HEC-RAS untuk tiap sungai Sub DAS yang meluap	115
Tabel 4. 77. Perhitungan Metode Muskingum pada sub DAS W1	119
Tabel 4. 78. Perhitungan Metode Muskingum pada sub DAS S1	120
Tabel 4. 79. Perhitungan Metode Muskingum pada sub DAS S2	121
Tabel 4. 80. Perhitungan Metode Muskingum pada sub DAS S3	122
Tabel 4. 81. Perhitungan Metode Muskingum pada sub DAS S4	123
Tabel 4. 82. Perhitungan Metode Muskingum pada sub DAS S5	124
Tabel 4. 83. Perhitungan Metode Muskingum pada sub DAS S6	125
Tabel 4. 84. Perhitungan Metode Muskingum pada sub DAS S7	126
Tabel 4. 85. Perhitungan Metode Muskingum pada sub DAS S8	127
Tabel 4. 86. Perhitungan Metode Muskingum pada sub DAS S9	128
Tabel 4. 87. Perhitungan Metode Muskingum pada sub DAS S10	129
Tabel 4. 88. Perhitungan Metode Muskingum pada sub DAS S11	130
Tabel 4. 89. Perhitungan Metode Muskingum pada sub DAS S12	131

Tabel 4. 90. Perhitungan Metode Muskingum pada sub DAS S13	132
Tabel 4. 91. Perhitungan Metode Muskingum pada sub DAS S14	133
Tabel 4. 92. Perhitungan Metode Muskingum pada sub DAS S15	134
Tabel 4. 93. Perhitungan Metode Muskingum pada sub DAS S16	135
Tabel 4. 94. Perhitungan Metode Muskingum pada sub DAS S17	136
Tabel 4. 95. Perhitungan Metode Muskingum pada sub DAS S18	137
Tabel 4. 96. Total debit keluar (outflow) sub DAS yang direncanakan	139
Tabel 4. 97. Penentuan volume kolam retensi sub DAS W1	141
Tabel 4. 98. Perhitungan storage area untuk sub DAS W1 ..	142
Tabel 4. 99. Penentuan volume kolam retensi sub DAS S1 .	143
Tabel 4. 100. Perhitungan storage area untuk sub DAS S1 .	144
Tabel 4. 101. Penentuan volume kolam retensi sub DAS S2	145
Tabel 4. 102. Perhitungan storage area untuk sub DAS S2 .	146
Tabel 4. 103. Penentuan volume kolam retensi sub DAS S3	147
Tabel 4. 104. Perhitungan storage area untuk sub DAS S3 .	148
Tabel 4. 105. Penentuan volume kolam retensi sub DAS S4	149
Tabel 4. 106. Perhitungan storage area untuk sub DAS S4 .	150
Tabel 4. 107. Penentuan volume kolam retensi sub DAS S5	151
Tabel 4. 108. Perhitungan storage area untuk sub DAS S5 .	152
Tabel 4. 109. Penentuan volume kolam retensi sub DAS S6	153
Tabel 4. 110. Perhitungan storage area untuk sub DAS S6 .	154
Tabel 4. 111. Penentuan volume kolam retensi sub DAS S7	155
Tabel 4. 112. Perhitungan storage area untuk sub DAS S7 .	156

Tabel 4. 113. Penentuan volume kolam retensi sub DAS S8	157
Tabel 4. 114. Perhitungan storage area untuk sub DAS S8 .	158
Tabel 4. 115. Penentuan volume kolam retensi sub DAS S9	159
Tabel 4. 116. Perhitungan storage area untuk sub DAS S9 .	160
Tabel 4. 117. Penentuan volume kolam retensi sub DAS S10	161
Tabel 4. 118. Perhitungan storage area untuk sub DAS S10	162
Tabel 4. 119. Penentuan volume kolam retensi sub DAS S11	163
Tabel 4. 120. Perhitungan storage area untuk sub DAS S11	164
Tabel 4. 121. Penentuan volume kolam retensi sub DAS S12	165
Tabel 4. 122. Perhitungan storage area untuk sub DAS S12	166
Tabel 4. 123. Penentuan volume kolam retensi sub DAS S13	167
Tabel 4. 124. Perhitungan storage area untuk sub DAS S13	168
Tabel 4. 125. Penentuan volume kolam retensi sub DAS S14	169
Tabel 4. 126. Perhitungan storage area untuk sub DAS S14	170
Tabel 4. 127. Penentuan volume kolam retensi sub DAS S15	171
Tabel 4. 128. Perhitungan storage area untuk sub DAS S15	172
Tabel 4. 129. Penentuan volume kolam retensi sub DAS S16	173
Tabel 4. 130. Perhitungan storage area untuk sub DAS S16	174
Tabel 4. 131. Penentuan volume kolam retensi sub DAS S17	175
Tabel 4. 132. Perhitungan storage area untuk sub DAS S17	176
Tabel 4. 133. Penentuan volume kolam retensi sub DAS S18	177
Tabel 4. 134. Perhitungan storage area untuk sub DAS S18	178
Tabel 4. 135. Hasil perhitungan storage area tiap sub DAS	179
Tabel 4. 136. Perhitungan dimensi pelimpah samping retarding basin sub DAS W1	181

Tabel 4. 137. Perhitungan dimensi pelimpah samping retarding basin sub DAS S1.....	181
Tabel 4. 138. Perhitungan dimensi pelimpah samping retarding basin sub DAS S2.....	182
Tabel 4. 139. Perhitungan dimensi pelimpah samping retarding basin sub DAS S3.....	182
Tabel 4. 140. Perhitungan dimensi pelimpah samping retarding basin sub DAS S4.....	182
Tabel 4. 141. Perhitungan dimensi pelimpah samping retarding basin sub DAS S5.....	182
Tabel 4. 142. Perhitungan dimensi pelimpah samping retarding basin sub DAS S6.....	183
Tabel 4. 143. Perhitungan dimensi pelimpah samping retarding basin sub DAS S7.....	183
Tabel 4. 144. Perhitungan dimensi pelimpah samping retarding basin sub DAS S8.....	183
Tabel 4. 145. Perhitungan dimensi pelimpah samping retarding basin sub DAS S9.....	183
Tabel 4. 146. Perhitungan dimensi pelimpah samping retarding basin sub DAS S10.....	184
Tabel 4. 147. Perhitungan dimensi pelimpah samping retarding basin sub DAS S11.....	184
Tabel 4. 148. Perhitungan dimensi pelimpah samping retarding basin sub DAS S12.....	184
Tabel 4. 149. Perhitungan dimensi pelimpah samping retarding basin sub DAS S13.....	184
Tabel 4. 150. Perhitungan dimensi pelimpah samping retarding basin sub DAS S14.....	185
Tabel 4. 151. Perhitungan dimensi pelimpah samping retarding basin sub DAS S15.....	185
Tabel 4. 152. Perhitungan dimensi pelimpah samping retarding basin sub DAS S16.....	185
Tabel 4. 153. Perhitungan dimensi pelimpah samping retarding basin sub DAS S17.....	185
Tabel 4. 154. Perhitungan dimensi pelimpah samping retarding basin sub DAS S18.....	186

Tabel 4. 155. Outflow puncak debit pada 19 sub DAS yang digunakan untuk uji HEC-RAS	186
Tabel 4. 156. Perbandingan W19 sebelum dan sesudah retarding basin.....	189
Tabel 4. 157. Outflow puncak sub DAS yang digunakan untuk uji HEC-RAS	193
Tabel 4. 158. Perbandingan sungai sub DAS sebelum dan sesudah retarding basin.....	194

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1. Lokasi DAS Welang	3
Gambar 1. 2. Kondisi hilir Sungai Welang.....	4
Gambar 1. 3. Peta Kabupaten Pasuruan	6
Gambar 2. 1. Menu ArcToolBox pada ArcGIS	18
Gambar 2. 2. Layar Fill pada ArcGIS	18
Gambar 2. 3. Layar Flow Direction pada ArcGIS	19
Gambar 2. 4. Layar Flow Accumulation pada ArcGIS.....	19
Gambar 2. 5. Layar Con pada ArcGIS	20
Gambar 2. 6. Layar Stream Order pada ArcGIS.....	20
Gambar 2. 7. Layar Stream to Feature pada ArcGIS	21
Gambar 2. 8. Layar Query Builder pada ArcGIS	21
Gambar 2. 9. Layar Properties pada ArcGIS.....	22
Gambar 2. 10. Layar Basin pada ArcGIS	22
Gambar 2. 11. Pilihan menu ArcToolBox pada ArcGIS	23
Gambar 2. 12. Layar Raster to TIN pada ArcGIS	23
Gambar 2. 13. Pilihan menu RAS Geometry pada ArcGIS ...	24
Gambar 2. 14. Layar Create All Layers pada ArcGIS	24
Gambar 2. 15. Layar Start Editing pada ArcGIS	24
Gambar 2. 16. Layar Create Features pada ArcGIS	25
Gambar 2. 17. Hasil digitasi sungai pada DAS di ArcGIS	25
Gambar 2. 18. Hasil digitasi banks di DAS pada ArcGIS	26
Gambar 2. 19. Hasil digitasi flowpaths di DAS pada ArcGIS27	
Gambar 2. 20. Layar Assign Flowpath Type pada ArcGIS ...	27
Gambar 2. 21. Layar Create Cross Sections pada ArcGIS	28

Gambar 2. 22. Hasil digitasi cross sections di DAS pada ArcGIS	28
Gambar 2. 23. Layar All Cross-Section Tools pada ArcGIS	28
Gambar 2. 24. Tampilan Attribute Table pada XSCutlines di ArcGIS	29
Gambar 2. 25. Menu Required Surface pada layar Layer Setup for HEC-RAS PreProcessing di ArcGIS	29
Gambar 2. 26. Menu Required Layers pada layar Layer Setup for HEC-RAS PreProcessing di ArcGIS	29
Gambar 2. 27. Menu Optional Layers pada layar Layer Setup for HEC-RAS PreProcessing di ArcGIS	30
Gambar 2. 28. Layar Export RAS Data pada ArcGIS	30
Gambar 2. 29. Layar Import Geometry Data pada HEC-RAS	31
Gambar 2. 30. Layar XS Interpolation by Reach pada HEC-RAS.....	32
Gambar 2. 31. Layar Edit Manning's n or k Values pada HEC-RAS.....	32
Gambar 2. 32. Layar Steady Flow Data pada HEC-RAS	33
Gambar 2. 33. Layar Steady Flow Analysis pada HEC-RAS	33
Gambar 2. 34. Layar Unsteady Flow Data pada HEC-RAS	34
Gambar 2. 35. Layar Unsteady Flow Analysis pada HEC-RAS	34
Gambar 2. 36. Kolam retensi tipe di samping badan sungai	35
Gambar 2. 37. Kolam retensi tipe di dalam badan sungai.....	36
Gambar 2. 38. Kolam retensi tipe storage memanjang	36
Gambar 2. 39. Definisi untuk saluran dengan pelimpah samping	38
Gambar 3. 1. Bagan Alir Tugas Akhir.....	43
Gambar 3.2. Lanjutan Bagan Alir Tugas Akhir.....	44
Gambar 4. 1. Grafik Double Mass Curve Test pos hujan Ngempit.....	47
Gambar 4. 2. Grafik Double Mass Curve Test pos hujan Wonorejo.....	47
Gambar 4.3. Grafik Double Mass Curve Test pos hujan Telebuk	48

Gambar 4.4. Grafik Double Mass Curve Test pos hujan Tutur	48
Gambar 4.5. Grafik Double Mass Curve Test pos hujan Selowongko	49
Gambar 4.6. Grafik Double Mass Curve Test pos hujan Purwosari	49
Gambar 4.7. Grafik Double Mass Curve Test pos hujan Purwodadi	50
Gambar 4.8. Grafik <i>Double Mass Curve Test</i> pos hujan Pager	50
Gambar 4.9. Pembagian DAS dengan Metode Poligon Thiessen	51
Gambar 4.10. Grafik intensitas hujan rencana Metode Mononobe	59
Gambar 4.11. Pembagian DAS Welang menjadi 19 sub DAS	60
Gambar 4.12. Peta tata guna lahan DAS Welang	62
Gambar 4. 13. Tampilan Goal Seek pada Program Excel.....	69
Gambar 4. 14. Grafik Metode HSS Nakayasu 19 sub DAS periode ulang 25 tahun	92
Gambar 4. 15. Grafik Metode HSS Nakayasu antara DAS Welang dan total 19 sub DAS periode ulang 25 tahun	95
Gambar 4. 16. Contoh penampang sungai dari HEC-GeoRAS	102
Gambar 4. 17. Rating Curve data AWLR tahun 2017	103
Gambar 4. 18. Nilai koefisien kekasaran Manning pada HEC-RAS	104
Gambar 4. 19. Penampang Sungai Welang STA. 10160	104
Gambar 4. 20. Saluran yang ditinjau untuk koefisien kekasaran Manning	105
Gambar 4. 21. Geometri DAS Welang dan sub DAS di HEC-RAS	106
Gambar 4. 22. Denah alur DAS Welang	107
Gambar 4. 23. Denah alur hasil perhitungan HSS Nakayasu	110
Gambar 4. 24. Long section Sungai Welang reach W19 terhadap debit puncak pada total 19 sub DAS	114

Gambar 4. 25. Hidrograf antara inflow dan outflow sub DAS W1.....	119
Gambar 4. 26. Hidrograf antara inflow dan outflow sub DAS S1	120
Gambar 4. 27. Hidrograf antara inflow dan outflow sub DAS S2	121
Gambar 4. 28. Hidrograf antara inflow dan outflow sub DAS S3	122
Gambar 4. 29. Hidrograf antara inflow dan outflow sub DAS S4	123
Gambar 4. 30. Hidrograf antara inflow dan outflow sub DAS S5	124
Gambar 4. 31. Hidrograf antara inflow dan outflow sub DAS S6	125
Gambar 4. 32. Hidrograf antara inflow dan outflow sub DAS S7	126
Gambar 4. 33. Hidrograf antara inflow dan outflow sub DAS S8	127
Gambar 4. 34. Hidrograf antara inflow dan outflow sub DAS S9	128
Gambar 4. 35. Hidrograf antara inflow dan outflow sub DAS S10	129
Gambar 4. 36. Hidrograf antara inflow dan outflow sub DAS S11	130
Gambar 4. 37. Hidrograf antara inflow dan outflow sub DAS S12	131
Gambar 4. 38. Hidrograf antara inflow dan outflow sub DAS S13	132
Gambar 4. 39. Hidrograf antara inflow dan outflow sub DAS S14	133
Gambar 4. 40. Hidrograf antara inflow dan outflow sub DAS S15	134
Gambar 4. 41. Hidrograf antara inflow dan outflow sub DAS S16	135
Gambar 4. 42. Hidrograf antara inflow dan outflow sub DAS S17	136

Gambar 4. 43. Hidrograf antara inflow dan outflow sub DAS S18	137
Gambar 4. 44. Hidrograf perbandingan inflow dan outflow total debit Sub DAS Welang	140
Gambar 4. 45. Kurva hubungan elevasi-luas permukaan dan elevasi-volume kolam retensi sub DAS W1	141
Gambar 4. 46. Kurva hubungan elevasi-luas permukaan dan elevasi-volume kolam retensi sub DAS S1	143
Gambar 4. 47. Kurva hubungan elevasi-luas permukaan dan elevasi-volume kolam retensi sub DAS S2	145
Gambar 4. 48. Kurva hubungan elevasi-luas permukaan dan elevasi-volume kolam retensi sub DAS S3	147
Gambar 4. 49. Kurva hubungan elevasi-luas permukaan dan elevasi-volume kolam retensi sub DAS S4	149
Gambar 4. 50. Kurva hubungan elevasi-luas permukaan dan elevasi-volume kolam retensi sub DAS S5	151
Gambar 4. 51. Kurva hubungan elevasi-luas permukaan dan elevasi-volume kolam retensi sub DAS S6	153
Gambar 4. 52. Kurva hubungan elevasi-luas permukaan dan elevasi-volume kolam retensi sub DAS S7	155
Gambar 4. 53. Kurva hubungan elevasi-luas permukaan dan elevasi-volume kolam retensi sub DAS S8	157
Gambar 4. 54. Kurva hubungan elevasi-luas permukaan dan elevasi-volume kolam retensi sub DAS S9	159
Gambar 4. 55. Kurva hubungan elevasi-luas permukaan dan elevasi-volume kolam retensi sub DAS S10	161
Gambar 4. 56. Kurva hubungan elevasi-luas permukaan dan elevasi-volume kolam retensi sub DAS S11	163
Gambar 4. 57. Kurva hubungan elevasi-luas permukaan dan elevasi-volume kolam retensi sub DAS S12	165
Gambar 4. 58. Kurva hubungan elevasi-luas permukaan dan elevasi-volume kolam retensi sub DAS S13	167
Gambar 4. 59. Kurva hubungan elevasi-luas permukaan dan elevasi-volume kolam retensi sub DAS S14	169
Gambar 4. 60. Kurva hubungan elevasi-luas permukaan dan elevasi-volume kolam retensi sub DAS S15	171

Gambar 4. 61. Kurva hubungan elevasi-luas permukaan dan elevasi-volume kolam retensi sub DAS S16.....	173
Gambar 4. 62. Kurva hubungan elevasi-luas permukaan dan elevasi-volume kolam retensi sub DAS S17.....	175
Gambar 4. 63. Kurva hubungan elevasi-luas permukaan dan elevasi-volume kolam retensi sub DAS S17.....	177
Gambar 4. 64. Perkiraan lokasi retarding basin tiap sub DAS pada DAS Welang.....	180
Gambar 4. 65. Detail pelimpah samping sub DAS 18	181
Gambar 4. 66. Denah alur DAS Welang setelah retarding basin	188
Gambar 4. 67. Long section Sungai Welang reach W19 setelah retarding basin.....	193

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia adalah negara yang memiliki banyak sungai hampir di tiap kota. Namun dikarenakan Indonesia terletak di garis khatulistiwa sehingga tiap tahun terjadi musim hujan dari berskala ringan, sedang, dan besar. Akibat dari tingginya hujan menjadi salah satu penyebab terjadinya luapan sungai dan banjir. Salah satunya Sungai Welang yang berada di Jawa Timur.

Hampir tiap tahun, Sungai Welang tidak luput dari terjadinya luapan pada saat musim penghujan. Berdasarkan situs berita KOMPAS.com (22/2/2018), Sungai Welang meluap dan menggenangi jalan pantura Surabaya-Pasuruan dan perkampungan warga yang berdekatan bantaran sungai yang di antaranya Kecamatan Kraton, Kabupaten Pasuruan dan Kecamatan Gadingrejo, Kota Pasuruan. Diketahui tinggi genangan air mencapai 1 meter.

Menurut BBWS Brantas (10/8/2015), permasalahan luapan banjir di Sungai Welang disebabkan kiriman air dari Lawang dan Purwodadi dalam skala besar. Sungai Welang termasuk sungai di Pasuruan yang rawan terjadi banjir berdampak sangat serius berakibat pada kerusakan prasarana Sumber Daya Air, juga menimbulkan genangan pada jalur pantura sehingga transportasi menjadi terganggu.

Maka dari itu, perlu adanya upaya pereduksian banjir pada Sungai Welang yaitu dengan menampung volume air banjir itu sendiri. Penyebab luapan Sungai Welang yang menimbulkan bencana banjir dikarenakan volume tampungan pada Sungai Welang tidak mencukupi dengan volume air yang datang, khususnya pada musim penghujan. Sehingga diperlukan volume tampungan tambahan pada Sungai Welang dengan harapan volume air yang datang dapat ditampung sebanyak mungkin untuk menghindari terjadinya luapan pada sungai tersebut.

Salah satu bangunan tampungan untuk mereduksi banjir yaitu *retarding basin* (kolam retensi). Bangunan *retarding basin* berfungsi sebagai tampungan sementara untuk debit banjir yang meluap jika debit kapasitas pada Sungai Welang tidak dapat mencukupi, khususnya pada musim penghujan. Diharapkan dapat mereduksi dan meminimalisir terjadinya luapan pada Sungai Welang yang dapat menggenangi perumahan warga dan akses transportasi di sekitar Sungai Welang.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan penjelasan dari latar belakang di atas, dapat disimpulkan permasalahan untuk mereduksi banjir di Sungai Welang antara lain :

1. Berapa pembagian sub DAS pada DAS Welang yang direncanakan menjadi lokasi *retarding basin*?
2. Berapa debit puncak banjir yang dihasilkan pada Sungai Welang?
3. Berapa kapasitas *retarding basin* pada titik lokasi yang akan ditentukan?
4. Bagaimana keefektifan metode *retarding basin* sebagai alternatif reduksi banjir pada Sungai Welang?

1.3 Tujuan

Tujuan dari permasalahan di atas antara lain :

1. Mengetahui pembagian sub DAS pada DAS Welang yang direncanakan menjadi lokasi *retarding basin*.
2. Mengetahui debit puncak banjir yang dihasilkan pada Sungai Welang.
3. Mengetahui kapasitas *retarding basin* pada titik lokasi yang akan ditentukan.
4. Mengetahui keefektifan metode *retarding basin* sebagai alternatif reduksi banjir pada Sungai Welang.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah pada Tugas Akhir ini meliputi :

1. Lokasi studi hanya berada di DAS Welang.

2. Hanya menentukan volume tampungan (*storage area*) pada *retarding basin*.
3. Tidak menghitung perencanaan pada bangunan *retarding basin*.
4. Tidak menghitung geologi pada lokasi *retarding basin*.
5. Tidak menghitung aspek ekonomi.

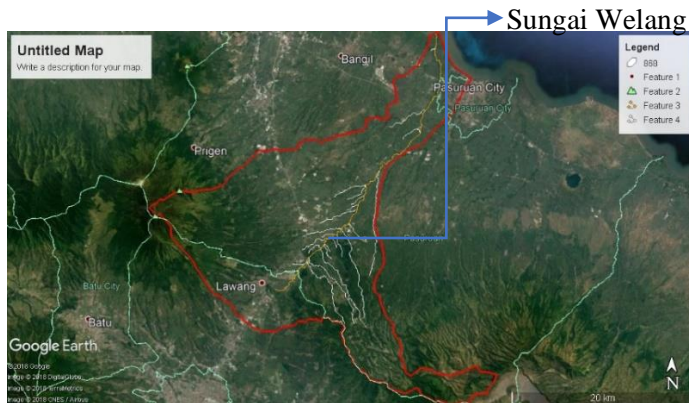
1.5 Manfaat

Adapun manfaat dari Tugas Akhir ini adalah untuk mengetahui debit banjir yang dapat mengakibatkan luapan pada sungai dan pereduksian banjir dengan metode *retarding basin*, sehingga diharapkan dapat meminimalisir terjadinya banjir di sekitar Sungai Welang, khususnya di Kabupaten Pasuruan.

1.6 Studi Kasus

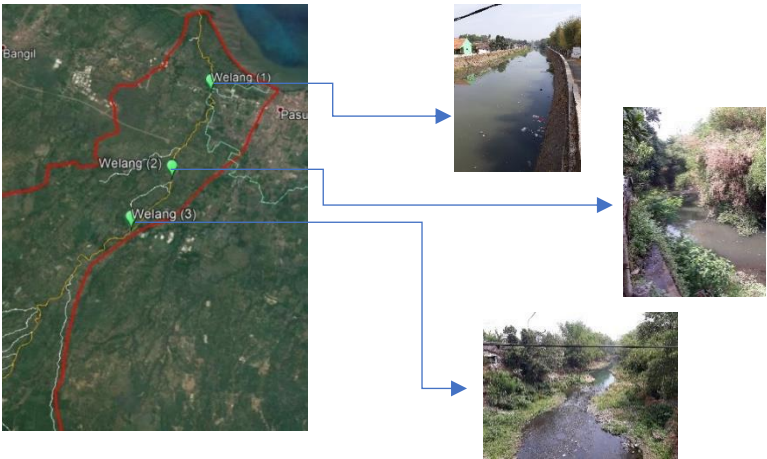
1.6.1 Sungai Welang

Sungai Welang berada di DAS Welang yang memiliki luas sebesar 521.788 km². Panjang sungai ini sekitar 42.569 km. Sungai ini melewati 3 wilayah administrasi yaitu Kabupaten Malang, Kota Pasuruan, dan Kabupaten Pasuruan. Hulu dari Sungai Welang berada di Kecamatan Lawang, Kabupaten Malang dan hilirnya berada di Kecamatan Kraton, Kabupaten Pasuruan. Sungai ini bermuara di Selat Madura.



Gambar 1. 1. Lokasi DAS Welang

(Sumber : Google Earth)



Gambar 1. 2. Kondisi hilir Sungai Welang
(Foto diambil pada 29 November 2018)

Sungai Welang ini menjadi tempat pertemuan dari sungai-sungai lain yang kebanyakan berasal dari hulu. Berdasarkan data geopasial Indonesia, terdapat 14 sungai yang diketahui yang dan 15 sungai tanpa nama.

Tabel 1. 1. Nama sungai yang diketahui yang mengalir ke Sungai Welang

No.	Nama Sungai	Lokasi
1	Ngepoh	Kab. Malang
2	Polaman	
3	Juri	
4	Popohan	Kab. Pasuruan
5	Sura	
6	Sumbersono	
7	Biru	
8	Beda	
9	Jambean	
10	Bamban	
11	Watulunyu	
12	Pongah	
13	Curahweragan	
14	Girang	

Selain itu, terdapat bangunan-bangunan air di sekitar Sungai Welang ini yang dibangun dengan tujuan tertentu. Namun kebanyakan bangunan-bangunan tersebut dibangun untuk penahan banjir.

Tabel 1. 2. Data bangunan air di sekitar Sungai Welang

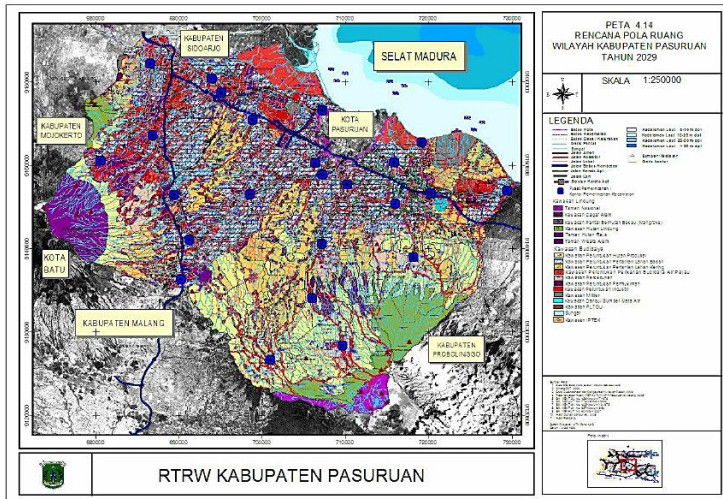
Jenis	Kecamatan	Desa	Bujur	Lintang	Bangunan Konstruksi	Panjang (m)	Lebar (m)	Tinggi (m)	Volume (m ³)
Parapet	Kraton	Kraton s/d Bulu	112.87	-7.63	Penahan banjir	600	0.3	1.5	
Perkuatan tebing	Kraton	Kraton	112.87	-7.63	Perkuatan tebing	90	0.3	3	
Bangunan tebing	Kraton	Sokorejo /Rujaksentek	112.88	-7.63	Perkuatan tebing	350	0.5	3	
Parapet	Gadingrejo	Karangketug	112.88	-7.63	Penahan banjir	330	0.5	3	
Bangunan tebing	Pohjentrek	Sokorejo /Rujaksentek	112.87	-7.64	Perkuatan tebing	200	0.3	5	
Parapet	Gadingrejo	Suko	112.87	-7.64	Penahan banjir	330	0.5	3	
Bangunan tebing	Pohjentrek	Tidu	112.87	-7.65	Perkuatan tebing	70	0.5	5	
Tanggul	Pohjentrek	Tidu/ Jetis	112.86	-7.66	Penahan banjir	800	2	2	
Tanggul	Pohjentrek	Sungikidul	112.86	-7.66	Penahan banjir	500	2	2	
Bangunan tebing	Kraton	Plinggisan	112.86	-7.67	Perkuatan tebing	30	0.5	5	
Parapet	Kraton	Plinggisan	112.86	-7.68	Penahan banjir	200	0.5	1	
Tanggul	Kraton	Kebotohan	112.85	-7.68	Penahan banjir	1900	2	1.5	
Parapet	Kraton	Plinggisan	112.85	-7.68	Penahan banjir	200	0.5	1	
Bangunan tebing	Kraton	Pacarkeling	112.84	-7.7	Perkuatan tebing	200	0.5	5	
Check dam	Kraton	Plinggisan	112.86	-7.66	Penahan sedimen				
Embung	Purwosari	Kertosari	112.75	-7.79					98000
Bendung	Selowongko				Irigasi				

(Sumber : <http://gis.pusair-pu.go.id> dan <http://sda.pu.go.id>)

1.6.2 Kabupaten Pasuruan

Kabupaten Pasuruan yaitu salah satu kabupaten di Provinsi Jawa Timur, Indonesia. Lokasi Kabupaten Pasuruan berada di koordinat 112° 30'– 113° 30' BT dan 70° 30'– 80°30' LS. Kabupaten Pasuruan terletak berbatasan dengan :

1. Utara : Kabupaten Sidoarjo dan Laut Jawa di utara,
2. Selatan : Kabupaten Malang
3. Timur : Kabupaten Probolinggo
4. Barat : Kabupaten Mojokerto



Gambar 1. 3. Peta Kabupaten Pasuruan
(Sumber : BAPPEDA Kabupaten Pasuruan)

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Analisa Hidrologi

Analisa hidrologi yaitu analisa untuk menentukan debit banjir rencana. Analisa hidrologi yang digunakan antara lain :

- 1) Perkiraan data hujan hilang
- 2) Uji konsistensi data
- 3) Curah hujan rerata maksimum
- 4) Distribusi Probabilitas data hujan dan data AWLR
- 5) Uji kecocokan data hujan dan data AWLR
- 6) Intensitas hujan
- 7) Debit rencana

2.1.1 Perkiraan Data Hujan Hilang

a. Metode *Inversed Square Distance*

Pada umumnya, data hujan terlampir dalam bentuk harian oleh pos hujan. Namun terkadang beberapa pos hujan memiliki kendala teknis maupun non teknis sehingga data hujan harian yang dilampirkan kurang lengkap. Maka dari itu perlu adanya perhitungan untuk melengkapi data-data tersebut. Salah satu perhitungannya menggunakan Metode *Inversed Square Distance*.

$$PX = \frac{\frac{1}{a^2} \times PA + \frac{1}{b^2} \times PB + \dots + \frac{1}{n^2} \times PN}{\frac{1}{a^2} + \frac{1}{b^2} + \dots + \frac{1}{n^2}}$$

Keterangan :

PX = Curah hujan yang diperkirakan pada pos hujan X (mm)

PA, PB, \dots, PN = Jumlah hujan pada pos yang mengelilingi pos hujan X (mm)

a, b, \dots, n = Jarak dari pos hujan X ke tiap pos hujan A, B, ..., N (km)

2.1.2 Uji Konsistensi Data

a. *Double Mass Curve Test*

Analisa ini digunakan untuk membandingkan akumulasi hujan tahunan yang dikoreksi dengan akumulasi

hujan rata-rata tahunan di sekitarnya (Hadisusanto, 2010). Beberapa permasalahan yang menyebabkan penyimpangan pada data hujan, di antaranya :

- Perubahan letak pos hujan
- Perubahan sistem pencatatan data hujan
- Perubahan iklim
- Perubahan lingkungan

2.1.3 Curah Hujan Rerata Maksimum

a. Metode Poligon Thiessen

Menurut Suripin (2004), Metode Poligon Thiessen memberikan proporsi luasan daerah pengaruh pos penakar hujan untuk mengakomodasi ketidakseragaman jarak dengan daerah pengaruh dibentuk dengan menggambarkan garis-garis sumbu tegak lurus terhadap garis penghubung antara dua pos penakar terdekat. Cara ini digunakan untuk daerah datar dengan luas 500–5000 km² dan jumlah pos penakar hujan terbatas dibandingkan luasnya.

Berdasarkan Hadisusanto (2010), tahapan perhitungan Metode Poligon Thiessen sebagai berikut.

- 1) Menghubungkan masing-masing pos hujan dengan garis poligon.
- 2) Membuat garis berat antara 2 pos hujan hingga bertemu dengan garis berat lainnya pada satu titik dalam poligon.
- 3) Luas area yang mewakili masing-masing pos hujan dibatasi oleh garis berat pada poligon.
- 4) Luas sub area tiap pos hujan dipakai sebagai faktor pemberat dalam menghitung hujan rata-rata.

$$\bar{P} = \frac{P_1 \times A_1 + P_2 \times A_2 + \dots + P_n \times A_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n}$$

Keterangan :

\bar{P} = Curah hujan rerata (mm)

P_1, P_2, \dots, P_n = Jumlah hujan tiap pos yang diamati (mm)

A_1, A_2, \dots, A_n = Luas sub area yang mewakili tiap pos hujan (km²)

2.1.4 Distribusi Probabilitas

Untuk menganalisis frekuensi data hujan agar memperoleh nilai hujan rencana terdapat beberapa metode

distribusi probabilitas, di antaranya Gumbel, Normal, Log Normal, dan Log Pearson Type III. Penentuan jenis distribusi probabilitas pada data hujan yang tersedia yaitu mencocokkan parameter dengan syarat masing-masing jenis distribusi probabilitas.

Tabel 2. 1. Persyaratan parameter statistik distribusi

No.	Distribusi	Persyaratan
1.	Gumbel	$C_s = 1.14$ $C_k = 5.4$
2.	Normal	$C_s = 0$ $C_k = 3$
3.	Log Normal	$C_s = C_v^3 + 3C_v$ $C_k = C_v^8 + 6C_v^6 + 15C_v^4 + 16C_v^2 + 3$
4.	Log Pearson Type III	Selain dari nilai di atas

(Sumber : Bambang T., 2008 dalam I Made Kamiana, 2010)

Untuk menemukan nilai di atas, maka digunakan rumus di bawah ini, yaitu :

- Koefisien kepencengan

$$C_s = \frac{n \sum_{i=1}^i (X_i - \bar{X})^3}{(n-1)(n-2)(S)^3}$$

- Koefisien kurtosis

$$C_k = \frac{n^2 \sum_{i=1}^i (X_i - \bar{X})^4}{(n-1)(n-2)(n-3)(S)^4}$$

- Koefisien variasi

$$C_v = \frac{S}{\bar{X}}$$

Keterangan :

$$\bar{X} = \text{Nilai rata-rata dari data hujan, } \bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n}$$

$$S = \text{Standar deviasi, } S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}}$$

$$X_i = \text{Data hujan atau debit ke-} i$$

$$n = \text{Jumlah data}$$

a. Distribusi Probabilitas Gumbel

$$X_T = \bar{X} + S \times K$$

Keterangan :

$$X_T = \text{Hujan rencana dengan periode ulang } T \text{ tahun}$$

$$\bar{X} = \text{Nilai rata-rata dari data hujan, } \bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n}$$

S = Standar deviasi dari data hujan, $S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}}$

K = Faktor frekuensi Gumbel, $K = \frac{Y_t - Y_n}{\frac{S_n}{T}}$

Y_t = *Reduced variate*, $Y_t = -\ln -\ln \frac{T-1}{T}$

S_n = *Reduced* standar deviasi

Y_t = *Reduced mean*

b. Distribusi Probabilitas Normal

$$XT = \bar{X} + S \times KT$$

Keterangan :

XT = Hujan rencana dengan periode ulang T tahun

\bar{X} = Nilai rata-rata dari data hujan, $\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n}$

S = Standar deviasi dari data hujan, $S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}}$

KT = Faktor frekuensi terhadap T tahun

Tabel 2. 2. Nilai variabel reduksi Gauss untuk Distribusi Normal dan Log Normal

No.	Periode ulang, T (tahun)	KT
1	1.001	-3.050
2	1.005	-2.580
3	1.010	-2.330
4	1.050	-1.640
5	1.110	-1.280
6	1.250	-0.840
7	1.330	-0.670
8	1.430	-0.520
9	1.670	-0.250
10	2.000	0.000
11	2.500	0.250
12	3.330	0.520
13	4.000	0.670
14	5.000	0.840
15	10.000	1.280
16	20.000	1.640
17	50.000	2.050
18	100.000	2.330
19	200.000	2.580
20	500.000	2.880
21	1000.000	3.090

(Sumber : Suripin, 2004 dalam I Made Kamiana, 2010)

c. Distribusi Probabilitas Log Normal

$$\log XT = \overline{\log X} + KT \times S \log X$$

Keterangan :

$\log XT$ = Nilai logaritmis data dengan periode ulang T tahun

$\overline{\log X}$ = Nilai rata-rata dari $\log X$, $\log X = \frac{\sum_{i=1}^n \log Xi}{n}$

$S \log X$ = Standar deviasi dari $\log X$, $S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\log Xi - \overline{\log X})^2}{n-1}}$

KT = Faktor frekuensi terhadap T tahun

d. Distribusi Probabilitas Log Pearson Type III

$\log XT = \overline{\log X} + K \times S \log X$

Keterangan :

$\log XT$ = Nilai logaritmis hujan rencana dengan periode ulang T tahun

$\overline{\log X}$ = Nilai rata-rata dari $\log X$, $\log X = \frac{\sum_{i=1}^n \log Xi}{n}$

$S \log X$ = Standar deviasi dari $\log X$, $S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\log Xi - \overline{\log X})^2}{n-1}}$

K = Faktor frekuensi terhadap Cs

Tabel 2. 3. Faktor frekuensi K untuk Distribusi Probabilitas Log Pearson Type III

CS atau G	Periode Ulang (tahun)										
	1.0101	1.1111	1.25	2	5	10	25	50	100	200	1000
	Peluang (%)										
	99	90	80	50	20	10	4	2	1	0.5	0.1
3	-0.667	-0.660	-0.636	-0.396	0.420	1.180	2.278	3.152	4.051	4.970	7.250
2.5	-0.799	-0.771	-0.711	-0.360	0.518	1.250	2.262	3.048	3.845	4.652	6.600
2.2	-0.905	-0.884	-0.752	-0.330	0.574	1.284	2.240	2.970	3.705	4.444	6.200
2	-0.999	-0.895	-0.777	-0.307	0.609	1.302	2.219	2.912	3.605	4.298	5.910
1.8	-1.087	-0.945	-0.799	-0.282	0.643	1.318	2.193	2.848	3.499	4.147	5.660
1.6	-1.197	-0.994	-0.817	-0.254	0.675	1.329	2.163	2.780	3.388	3.990	5.390
1.4	-1.318	-1.041	-0.832	-0.225	0.705	1.337	2.128	2.706	3.271	3.828	5.110
1.2	-1.449	-1.086	-0.844	-0.195	0.732	1.340	2.087	2.626	3.149	3.661	4.820
1	-1.588	-1.128	-0.852	-0.164	0.758	1.340	2.043	2.542	3.022	3.489	4.540
0.9	-1.660	-1.147	-0.854	-0.148	0.769	1.339	2.018	2.498	2.957	3.401	4.395
0.8	-1.733	-1.166	-0.856	-0.132	0.780	1.336	1.998	2.453	2.891	3.312	4.250
0.7	-1.806	-1.183	-0.857	-0.116	0.790	1.333	1.967	2.407	2.824	3.223	4.105
0.6	-1.880	-1.200	-0.857	0.099	0.800	1.328	1.939	2.359	2.755	3.132	3.960
0.5	-1.955	-1.216	-0.857	-0.083	0.808	1.323	1.910	2.311	2.686	3.041	3.815
0.4	-2.029	-1.231	-0.855	-0.066	0.816	1.317	1.880	2.261	2.615	2.949	3.670
0.3	-2.104	-1.258	-0.853	-0.050	0.824	1.309	1.849	2.211	2.544	2.856	3.525
0.2	-2.175	-1.258	-0.850	-0.033	0.830	1.301	1.818	2.159	2.472	2.763	3.380
0	-2.326	-1.282	-0.842	0.000	0.842	1.282	1.751	2.054	2.326	2.576	3.090
-0.2	-2.472	-1.301	-0.830	0.033	0.850	1.258	1.680	1.945	2.178	2.388	2.810
-0.4	-2.615	-1.317	-0.816	0.066	0.855	1.231	1.606	1.834	2.029	2.201	2.540
-0.6	-2.755	-1.328	-0.800	0.099	0.857	1.200	1.528	1.720	1.880	2.016	2.275
-0.8	-2.891	-1.336	-0.780	0.132	0.856	1.166	1.448	1.606	1.733	1.837	2.035
-1	-3.022	-1.340	-0.758	0.164	0.852	1.128	1.366	1.492	1.588	1.664	1.800
-1.2	-3.149	-1.340	-0.732	0.195	0.844	1.086	1.282	1.379	1.449	1.501	1.625
-1.4	-3.271	-1.337	-0.705	0.225	0.832	1.041	1.198	1.270	1.318	1.351	1.465
-1.6	-3.388	-1.329	-0.675	0.254	0.817	0.994	1.116	1.166	1.197	1.216	1.280
-1.8	-3.499	-1.318	-0.643	0.282	0.799	0.945	1.035	1.069	1.087	1.097	1.130
-2	-3.605	-1.302	-0.609	0.307	0.777	0.895	0.959	0.980	0.990	1.000	1.000
-2.2	-3.705	-1.284	-0.574	0.330	0.752	0.844	0.888	0.900	0.905	0.907	0.910
-3	-4.051	-1.180	-0.420	0.396	0.636	0.660	0.666	0.666	0.667	0.667	0.668

(Sumber : Suripin, 2004 dalam I Made Kamiana, 2010)

2.1.5 Uji Kecocokan Data

Setelah didapat hasil perhitungan distribusi probabilitas curah hujan rencana, maka hasil perhitungan tersebut diuji dengan Metode Chi-Kuadrat dan Metode Smirnov-Kolmogorof. Tujuan perhitungan ini untuk mengetahui persamaan distribusi probabilitas yang dipilih yang akan mewakili distribusi statistik sampel data yang dianalisis.

a. Metode Chi-Kuadrat

Tahapan-tahapan perhitungan Metode Chi-Kuadrat, di antaranya :

- 1) Mengurutkan data hujan dari yang terbesar sampai terkecil.
- 2) Menghitung jumlah kelas (K).

$$K = 1 + 3.3 \log n$$

Keterangan :

K = Kelas distribusi

n = Banyaknya data hujan

- 3) Menghitung derajat kebebasan Dk dan χ^2_{cr} .

$$Dk = K - (p + 1)$$

Keterangan :

Dk = Derajat kebebasan

p = Parameter

χ^2_{cr} = Parameter Chi-Kuadrat kritis

Tabel 2. 4. Nilai parameter Chi-Kuadrat kritis (χ^2_{cr})

dk	α (Derajat Kepercayaan)							
	0.995	0.99	0.975	0.95	0.05	0.025	0.01	0.005
1	0.0000393	0.000157	0.000982	0.00393	3.841	5.024	6.635	7.879
2	0.01	0.0201	0.0506	0.103	5.991	7.378	9.21	10.597
3	0.0717	0.115	0.216	0.352	7.815	9.348	11.345	12.838
4	0.207	0.297	0.484	0.711	9.488	11.143	13.277	14.86
5	0.412	0.554	0.831	1.145	11.07	12.832	15.086	16.75
6	0.676	0.872	1.237	1.635	12.592	14.449	16.812	18.548
7	0.989	1.239	1.69	2.167	14.067	16.013	18.475	20.278
8	1.344	1.646	2.18	2.733	15.507	17.535	20.09	21.955
9	1.735	2.088	2.7	3.325	16.919	19.023	21.666	23.589
10	2.156	2.558	3.247	3.94	18.307	20.483	23.209	25.188
11	2.603	3.053	3.816	4.575	19.675	21.92	24.725	26.757
12	3.074	3.571	4.404	5.226	21.026	23.337	26.217	28.3
13	3.565	4.107	5.009	5.892	22.362	24.736	27.388	29.819
14	4.075	4.66	5.629	6.571	23.685	26.119	29.141	31.319
15	4.601	5.229	6.262	7.261	24.996	27.448	30.578	32.801
16	5.142	5.812	6.908	7.962	26.296	28.845	32	34.267
17	5.697	6.408	7.564	8.672	27.587	30.191	33.409	35.718
18	6.225	7.015	8.231	9.39	28.869	31.526	34.805	37.156
19	6.844	7.633	8.907	10.117	30.114	32.852	36.191	38.582
20	7.434	8.26	9.591	10.851	31.41	34.17	37.566	39.997

dk	α (Derajat Kepercayaan)							
	0.995	0.99	0.975	0.95	0.05	0.025	0.01	0.005
21	8.034	8.897	10.283	11.591	32.671	35.479	38.932	41.401
22	8.643	9.542	10.982	12.338	33.924	36.781	40.289	42.796
23	9.26	10.196	11.689	13.091	36.172	38.076	41.638	44.181
24	9.886	10.856	12.401	13.848	36.415	39.364	42.98	45.558
25	10.52	11.524	13.12	14.611	37.652	40.646	44.314	46.928
26	11.16	12.198	13.844	15.379	38.885	41.923	45.642	48.29
27	11.808	12.879	14.573	16.151	40.113	43.194	46.963	49.645
28	12.461	13.565	15.308	16.928	41.337	44.461	48.278	50.993
29	13.121	14.256	16.047	17.708	42.557	45.722	49.588	52.336
30	13.787	14.953	16.791	18.493	43.733	46.979	50.892	53.672

(Sumber : Soewarno, 1995 dalam I Made Kamiana, 2010)

- 4) Menghitung kelas distribusi.
- 5) Menghitung interval kelas untuk tiap distribusi probabilitas.
- 6) Perhitungan nilai χ^2 .
- 7) Bandingkan nilai χ^2 terhadap χ^2_{cr} . Jika hasil membuktikan $\chi^2 < \chi^2_{cr}$, maka distribusi probabilitas dapat diterima.

b. Metode Smirnov-Kolmogorof

Tahapan-tahapan perhitungan Metode Smirnov-Kolmogorof, di antaranya :

- 1) Mengurutkan data hujan (X_i) dari yang terbesar sampai terkecil atau sebaliknya.
- 2) Tentukan peluang empiris masing-masing data yang sudah diurut tersebut dengan rumus Weibull, yaitu :

$$P(X_i) = \frac{n+1}{i}$$

Keterangan :

$P(X_i)$ = Peluang empiris

n = Jumlah data

i = Nomor urut data

- 3) Tentukan peluang teoritis $P'(X_i)$ masing-masing data yang sudah diurut tersebut berdasarkan persamaan distribusi probabilitas yang dipilih (Gumbel, Normal, dan sebagainya).
- 4) Hitung selisih antara peluang empiris dan teoritis untuk setiap data yang sudah diurut.

$$\Delta P_i = P(X_i) - P'(X_i)$$

- 5) Tentukan apakah $\Delta P_i < \Delta P$ kritis, jika tidak artinya distribusi probabilitas yang dipilih tidak dapat diterima, demikian sebagainya.
- 6) ΔP kritis dilihat pada tabel di bawah.

Tabel 2. 5. Nilai ΔP kritis Smirnov-Kolmogorov

N	α (Derajat Kepercayaan)			
	0.20	0.10	0.05	0.01
5	0.45	0.51	0.56	0.67
10	0.32	0.37	0.41	0.49
15	0.27	0.30	0.34	0.40
20	0.23	0.26	0.29	0.36
25	0.21	0.24	0.27	0.32
30	0.19	0.22	0.24	0.29
35	0.18	0.20	0.23	0.27
40	0.17	0.19	0.21	0.25
45	0.16	0.18	0.20	0.24
50	0.15	0.17	0.19	0.23
<hr/>				
N > 50	1.07	1.22	1.36	1.63
	$\frac{1.07}{N^{0.5}}$	$\frac{1.22}{N^{0.5}}$	$\frac{1.36}{N^{0.5}}$	$\frac{1.63}{N^{0.5}}$

(Sumber : Soewarno, 1995 dalam I Made Kamiana, 2010)

2.1.6 Intensitas Hujan

Intensitas hujan adalah tinggi atau kedalaman air hujan per satuan waktu. Semakin singkat durasi hujan, maka semakin tinggi intensitas hujannya. Pada analisa intensitas digambarkan dalam bentuk grafik lengkung IDF (*Intensity Duration Frequency Curve*). Ada beberapa rumus digunakan untuk menganalisa intensitas hujan, di antaranya Talbot, Sherman, Ishiguro, dan Mononobe. Namun menurut Suripin (2004), apabila hanya ada data hujan harian, maka intensitas hujan dapat dihitung dengan rumus Mononobe sebagai berikut.

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{t} \right)^{\frac{2}{3}}$$

Keterangan :

 I = Intensitas hujan (mm/jam) t = Waktu konsentrasi (jam) R_{24} = Curah hujan maksimum harian /selama 24 jam (mm)

2.1.7 Debit Rencana

a. Distribusi Curah Jam-Jaman dan Curah Hujan Efektif

Distribusi curah hujan efektif dengan Metode Satuan Sintetik Nakayasu dengan perhitungan hujan terpusat selama 24 jam.

$$R_t = \frac{R_{24}}{24} \times \left(\frac{24}{T}\right)^{\frac{2}{3}}$$

$$RT = T \times R_t - \left((T - 1) \times R_{(T-1)}\right)$$

Keterangan :

R_t = Rerata hujan dari awal sampai jam ke T (mm)

T = Waktu hujan awal sampai jam ke T (jam)

R_{24} = Curah hujan maksimum harian /selama 24 jam (mm)

T = Waktu hujan awal sampai jam ke T (jam)

RT = Tinggi hujan rerata pada jam ke T (mm)

$R_{(T-1)}$ = Rerata hujan awal sampai jam ke (T-1) (mm)

Perhitungan tinggi curah hujan efektif dengan menganggap proses transformasi hujan menjadi limpasan langsung mengikuti proses linear dan tidak diubah oleh waktu (Muh Azwin, 2017). Perhitungan tinggi curah hujan efektif sebagai berikut.

$$Re = C \times RT$$

Keterangan :

Re = Tinggi curah hujan efektif (mm)

C = Koefisien pengaliran

RT = Tinggi hujan rerata pada jam ke T (mm)

b. Metode Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu

Metode Hidrograf Satuan Sintetik (HSS) Nakayasu adalah suatu cara untuk mendapatkan hidrograf banjir rancangan dalam suatu DAS. Untuk membuat hidrograf banjir pada sungai, perlu adanya karakteristik atau parameter daerah pengaliran tersebut, diantaranya :

- Tenggang waktu dari permulaan hujan sampai puncak hidrograf.
- Tenggang waktu dari titik berat hujan sampai titik berat hidrograf.
- Tenggang waktu hidrograf.

- Luas daerah pengaliran.
- Panjang alur sungai utama.

Untuk mengetahui debit puncak pada suatu sungai dapat menggunakan rumus persamaan HSS Metode Nakayasu, di antaranya :

$$Qp = \frac{1}{3.6} \times \left(\frac{A \times R_0}{0.3Tp + T_{0.3}} \right)$$

$$Tp = tg + 0.8 Tr$$

$$tg = 0.21 \times L^{0.7} \quad \text{untuk } L < 15 \text{ km}$$

$$tg = 0.4 \times 0.058L \quad \text{untuk } L > 15 \text{ km}$$

$$T_{0.3} = \alpha \times tg$$

$$Tr = 0.5 tg \text{ sampai } tg$$

Keterangan :

Qp = Debit puncak banjir ($m^3/detik/mm$)

A = Luas daerah aliran sungai (km^2)

R_0 = Hujan satuan (mm)

Tp = Waktu dari awal banjir sampai puncak hidrograf (jam)

$T_{0.3}$ = Waktu dari puncak banjir sampai 0.3 kali debit puncak (jam)

tg = Waktu konsentrasi (jam)

Tr = Satuan waktu dari curah hujan (jam)

α = Koefisien karakteristik DAS

▪ Untuk daerah pengaliran biasa, $\alpha = 2$

▪ Untuk bagian naik hidrograf yang lambat dan bagian menurun yang cepat, $\alpha = 1,5$

▪ Untuk bagian naik hidrograf yang cepat dan bagian menurun yang lambat, $\alpha = 3$

L = Panjang sungai utama (km)

Nakayasu membagi bentuk hidrograf satuan dalam 2 bagian, yaitu lengkung naik dan lengkung turun. Persamaan hidrograf satuan yang digunakan antara lain :

1) Untuk lengkung turun naik, $0 < t < Tp$

$$Qt = Qp \left(\frac{t}{Tp} \right)^{2.4}$$

2) Untuk lengkung turun tahap I, $Tp < t < Tp + T_{0.3}$

$$Qt = Qp 0.3^{\frac{t-Tp}{T_{0.3}}}$$

- 3) Untuk lengkung turun tahap II, $Tp + T_{0.3} < t < Tp + T_{0.3} + 1.5T_{0.3}$

$$Qt = Qp \times 0.3 \frac{(t - Tp) + (0.5 T_{0.3})}{1.5 T_{0.3}}$$

- 4) Untuk lengkung turun tahap III, $t > Tp + T_{0.3} + 2T_{0.3}$

$$Qt = Qp \times 0.3 \frac{(t - Tp) + (1.5 T_{0.3})}{2 T_{0.3}}$$

2.2 Analisa Hidraulika

Analisa hidraulika yaitu analisa pada tampungan saluran yang akan diisi oleh debit tertentu. Sehingga pada analisa ini dapat menentukan lokasi-lokasi banjir. Pada studi kasus ini, analisa hidraulika menggunakan program ArcGIS dan HEC-RAS.

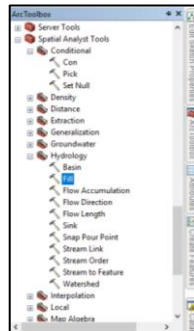
2.2.1 ArcGIS

ArcGIS merupakan program berbasis *Geographic Information System (GIS)* yang dikembangkan oleh ESRI (Environment Science and Research Institute). Pada program ini, terdapat beberapa fitur di antaranya ArcMap, ArcGlobe, ArcCatalog, dan ArcScene. Pada kasus studi ini, fitur yang digunakan yaitu ArcMap. ArcMap yaitu program yang digunakan dalam pengelolaan data GIS yang memiliki kemampuan untuk visualisasi, editing, pembuatan peta tematik, pengelolaan dari data Excel, memilih (*Query*), menggunakan fitur *Geoprocessing* untuk menganalisa dan *customize data*, dan melakukan output berupa tampilan peta (Geosriwijaya.com, 2016).

Dalam studi kasus ini, ArcGIS digunakan untuk pembagian DAS ke Sub DAS dan mencari penampang sungai (HEC-GeoRAS). Langkah-langkah pengerjaan sebagai berikut.

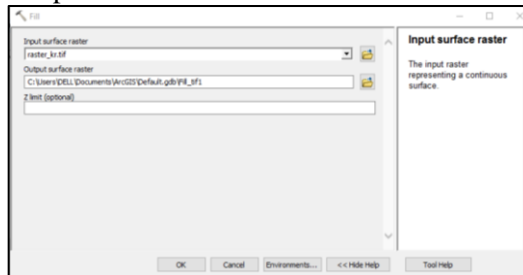
a. Pembagian DAS ke Sub DAS

- 1) Tambahkan data layer berupa data raster (.tif) yang akan digunakan untuk membagi sub DAS.
- 2) Pada *ArcToolBox* pilih *Spatial Analyst Tool*, kemudian pilih *Hydrology*.



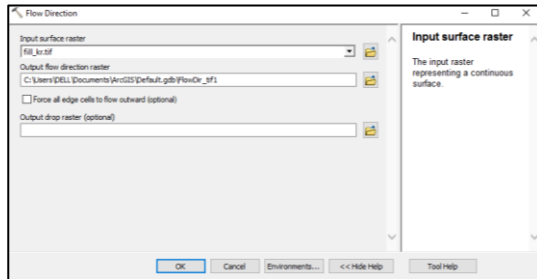
Gambar 2. 1. Menu ArcToolBox pada ArcGIS

- 3) Pada pilihan *Hydrology* pilih *Fill* dan akan muncul layar *Fill*. Masukkan data raster pada *Input surface raster* dan tempat untuk menyimpan data raster yang akan diproses. Kemudian pilih *OK*.



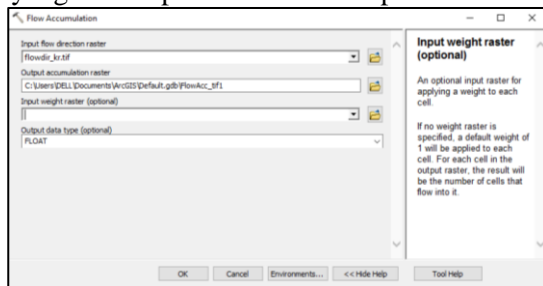
Gambar 2. 2. Layar *Fill* pada ArcGIS

- 4) Pilih *Flow Direction*. Pada layar *Flow Direction* masukkan data raster dari hasil *Fill* pada *Input surface raster* dan tempat untuk menyimpan data raster yang akan diproses. Kemudian pilih *OK*.



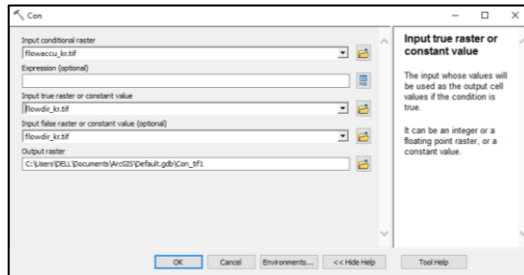
Gambar 2. 3. Layar *Flow Direction* pada ArcGIS

- 5) Pilih *Flow Accumulation*. Pada layar *Flow Accumulation* masukkan data raster dari hasil *Flow Direction* pada *Input flow direction raster* dan tempat untuk menyimpan data raster yang akan diproses. Kemudian pilih *OK*.

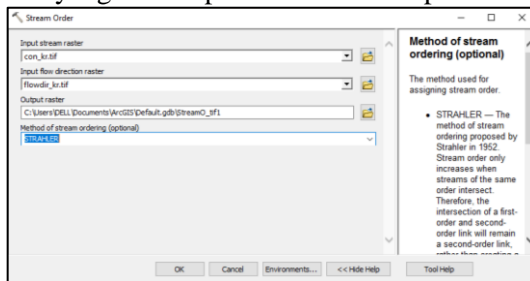


Gambar 2. 4. Layar *Flow Accumulation* pada ArcGIS

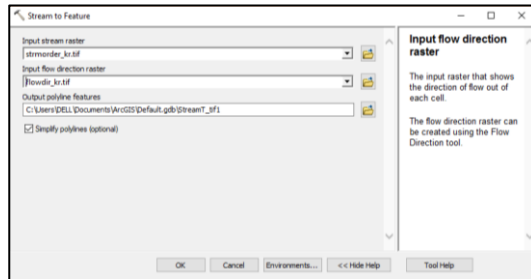
- 6) Pada *ArcToolBox* pilih *Spatial Analyst Tool*, kemudian pilih *Hydrology*.
- 7) Pada pilihan *Conditional* pilih *Con* dan akan muncul layar *Con*. Masukkan data raster dari hasil *Flow Accumulation* pada *Input conditional raster*, data raster dari hasil *Flow Direction* pada *Input true raster or constant value* dan *Input false raster or constant value (optional)*, dan tempat untuk menyimpan data raster yang akan diproses. Kemudian pilih *OK*.

Gambar 2. 5. Layar *Con* pada ArcGIS

- 8) Pilih *Stream Order* pada *Hydrology*. Pada layar *Stream Order* masukkan data raster dari hasil *Con* pada *Input stream raster*, data raster dari hasil *Flow Direction* pada *Input flow direction raster*, dan tempat untuk menyimpan data raster yang akan diproses. Kemudian pilih *OK*.

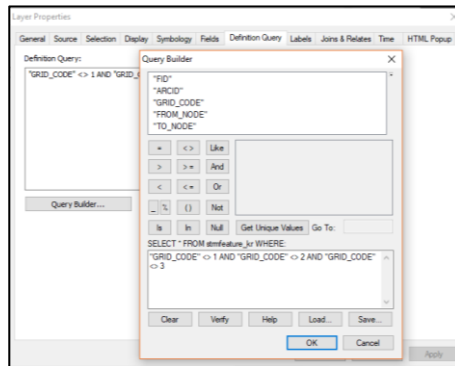
Gambar 2. 6. Layar *Stream Order* pada ArcGIS

- 9) Pilih *Stream to Feature*. Pada layar *Stream to Feature* masukkan data raster dari hasil *Stream Order* pada *Input stream raster*, data raster dari hasil *Flow Direction* pada *Input flow direction raster*, dan tempat untuk menyimpan data raster yang akan diproses. Kemudian pilih *OK*.



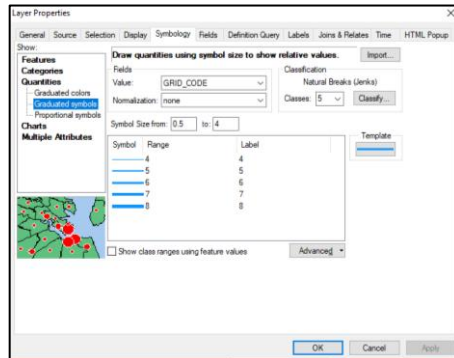
Gambar 2. 7. Layar *Stream to Feature* pada ArcGIS

- 10) Pilih *Properties...* pada layer data *shp.* dari hasil *Stream to Feature*. Kemudian pilih tab *Definision Query* dan pilih *Query Builder*. Klik “GRID_CODE”, kemudian pilih *Get Unique Values*. Masukkan “GRID_CODE” <> 1 AND “GRID_CODE” <> 2 AND “GRID_CODE” <> 3 AND “GRID_CODE” <> 4. Pilih *OK*.



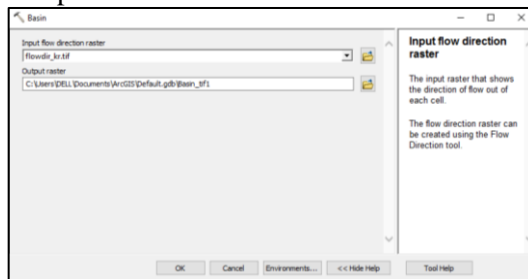
Gambar 2. 8. Layar *Query Builder* pada ArcGIS

- 11) Pilih tab *Symbology* dan pilih *Graduated symbols* pada *Quantities*. Pada kolom *Value* pilih *GRID_CODE*. Pilih *OK*.



Gambar 2. 9. Layar *Properties* pada ArcGIS

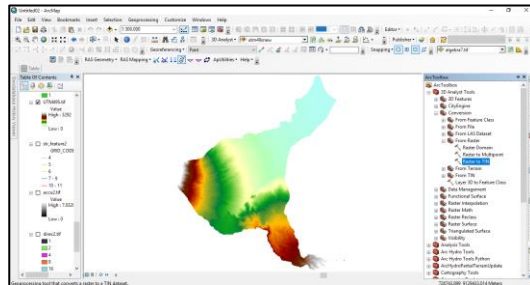
- 12) Pilih *Basin* pada *Hydrology*. Masukkan data raster dari hasil *Flow Direction* pada *Input flow direction raster* dan tempat untuk menyimpan data raster yang akan diproses. Kemudian pilih *OK*.



Gambar 2. 10. Layar *Basin* pada ArcGIS

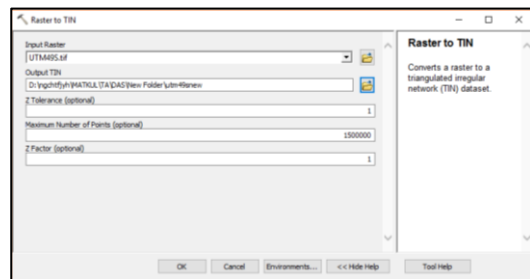
b. HEC-GeoRAS

- Data TIN
 - 1) Tambahkan data layer berupa data raster (.tif) yang akan diubah dalam bentuk data TIN.
 - 2) Pada *ArcToolbox*, pilih *Conversion* pada menu *3D Analyst Tools*, kemudian pilih *Raster to TIN*.



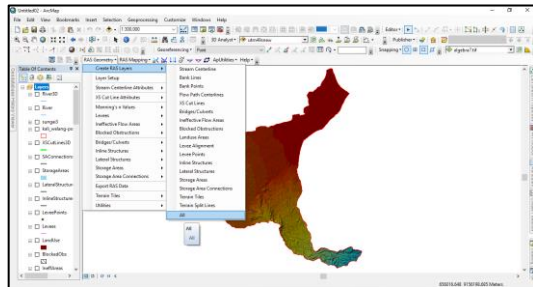
Gambar 2. 11. Pilihan menu *ArcToolBox* pada ArcGIS

- 3) Pada layar *Raster to TIN*, pilih data raster yang akan diubah pada *Input Raster* dan pilih tempat penyimpanan data TIN pada *Output TIN*. Lalu pilih *OK*.



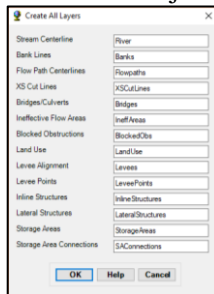
Gambar 2. 12. Layar *Raster to TIN* pada ArcGIS

- RAS Layers
 - 1) Klik menu *RAS Geometry* pada papan HEC-GeoRAS dan pilih *Create RAS Layers*.
 - 2) Pilih *All* untuk membuat semua jenis RAS Layer.



Gambar 2. 13. Pilihan menu *RAS Geometry* pada ArcGIS

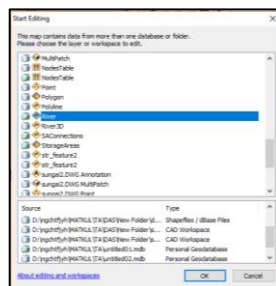
- 3) Pada layar *Create All Layers*, klik tombol OK untuk mengonfirmasi pembuatan semua jenis layer RAS.



Gambar 2. 14. Layar *Create All Layers* pada ArcGIS

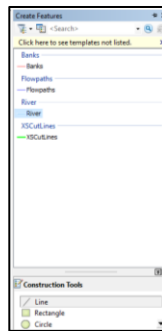
- Alur Sungai

- 1) Pilih menu *Editor* pada papan HEC-GeoRAS dan pilih menu *Start Editing*. Kemudian pada layar *Start Editing* pilih *River*.



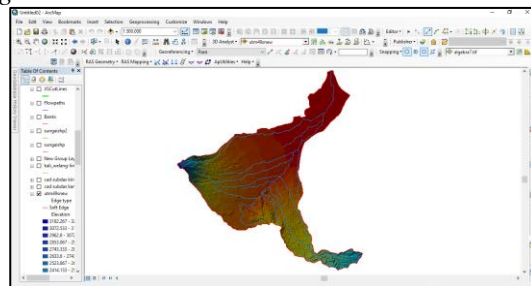
Gambar 2. 15. Layar *Start Editing* pada ArcGIS

- 2) Pada layar *Create Features* pilih *River* dan pilih *Line* pada papan *Construction Tools*.



Gambar 2. 16. Layar *Create Features* pada ArcGIS

- 3) Lakukan digitasi sungai dari hulu sampai ke titik pertemuan dengan sungai lain. Klik dua kali untuk mengakhiri digitasi.
- 4) Aktifkan mode snap dengan mengklik *Editor*, pilih *Snapping*, dan kemudian pilih *Snapping Toolbar*. Pilih *End Snapping* untuk mengaktifkan mode snap pada titik ujung sungai.
- 5) Lakukan digitasi sungai seperti cara sebelumnya sampai pada hilir sungai.
- 6) Simpan file dengan memilih menu *Save Edit* dan *Stop Editing*.

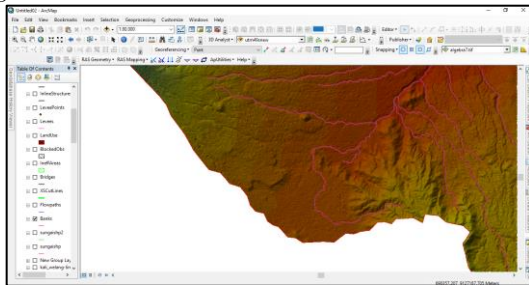


Gambar 2. 17. Hasil digitasi sungai pada DAS di ArcGIS

- 7) Selanjutnya pemberian nama sungai dan ruas. Pilih *Assign RiverCode and ReachCode to River* pada papan HEC-

GeoRAS. Tuliskan nama sungai pada isian *River* dan ruas pada isian *Reach*.

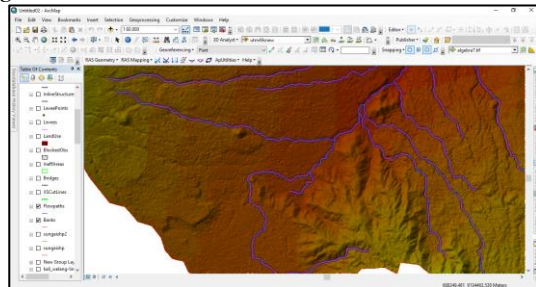
- 8) Pada menu *RAS Geometry*, pilih *Stream Centerline Attributes* kemudian pilih *All*. Maka akan muncul layar *All Stream Tools*. Pastikan *Stream Centerline* yaitu *River* dan *Terrain* yaitu data *TIN* yang digunakan dan pilih *OK*.
- 9) Maka terdapat layer *River3D* dari hasil *Stream Centerline Attributes*.
 - Tepi Sungai
 - 1) Pilih menu *Editor* pada papan HEC-GeoRAS dan pilih menu *Start Editing*. Kemudian pada layar *Start Editing* pilih *Banks*.
 - 2) Pada layar *Create Features* pilih *Banks* dan pilih *Line* pada papan *Construction Tools*.
 - 3) Lakukan digitasi tepi sungai kiri (*left overbank*) dan tepi sungai kanan (*right overbank*) pada semua sungai yang diamati.
 - 4) Simpan file dengan memilih menu *Save Edit* dan *Stop Editing*.



Gambar 2. 18. Hasil digitasi *banks* di DAS pada ArcGIS

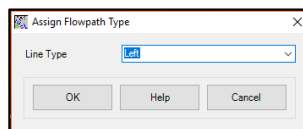
- Alur Utama dan Bantaran
 - 1) Pilih menu *Editor* pada papan HEC-GeoRAS dan pilih menu *Start Editing*. Kemudian pada layar *Start Editing* pilih *Flowpaths*.
 - 2) Pada layar *Create Features* pilih *Flowpaths* dan pilih *Line* pada papan *Construction Tools*.

- 3) Lakukan digitasi bantaran kiri, alur utama, dan bantaran kanan pada semua sungai.
- 4) Simpan file dengan memilih menu *Save Edit* dan *Stop Editing*.



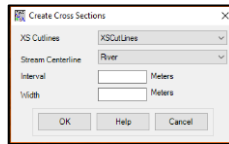
Gambar 2. 19. Hasil digitasi *flowpaths* di DAS pada ArcGIS

- 5) Selanjutnya pemberian nama sungai dan ruas. Pilih *Select Flowpath and Assign LineType Attributes* pada papan HEC-GeoRAS untuk menentukan arah aliran. Pada layar *Assign Flowpath Type* pilih kiri (*Left*), utama (*Channel*), dan kanan (*Right*) pada *Line Type* untuk masing-masing garis *Flowpaths*, lalu pilih *OK*.

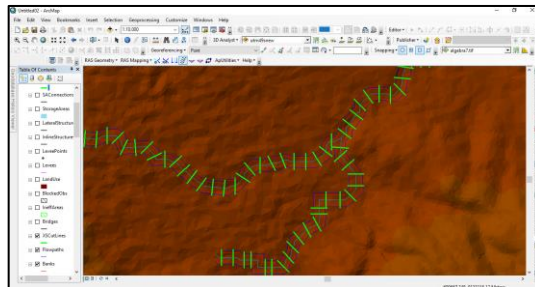


Gambar 2. 20. Layar *Assign Flowpath Type* pada ArcGIS

- Tampang Lintang
- 1) Pilih menu *Construct XS Cut Lines* pada papan HEC-GeoRAS.
 - 2) Pastikan *XS Cutlines* yaitu *XSCutLines* dan *Stream Centerline* yaitu *River*. Tuliskan jarak antar tampang lintang sungai (*Interval*) dan lebar garis tampang lintang sungai (*Width*), kemudian pilih *OK*.

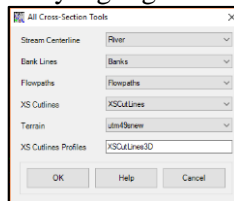


Gambar 2. 21. Layar *Create Cross Sections* pada ArcGIS



Gambar 2. 22. Hasil digitasi *cross sections* di DAS pada ArcGIS

- 3) Pada menu *RAS Geometry*, pilih *XS Cut Line Attributes* kemudian pilih *All*. Maka akan muncul layar *All Cross-Section Tools*. Pastikan *Stream Centerline* yaitu *River*, *Bank Lines* yaitu *Banks*, *Flowpaths* yaitu *Flowpaths*, dan *Terrain* yaitu data *TIN* yang digunakan dan pilih *OK*.

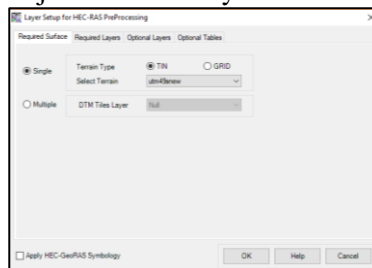


Gambar 2. 23. Layar *All Cross-Section Tools* pada ArcGIS

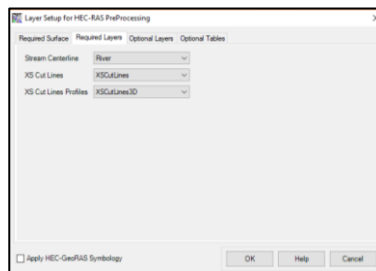
- 4) Maka terdapat layer *XSCutLines3D* dari hasil *XS Cut Line Attributes*.
- 5) Klik kanan pada layer *XSCutlines* dan pilih *Open Attribute Table*. Pastikan nilai *Attribute Table* pada *XSCutlines* tidak kurang dari nol.

Gambar 2. 24. Tampilan *Attribute Table* pada *XSCutlines* di ArcGIS

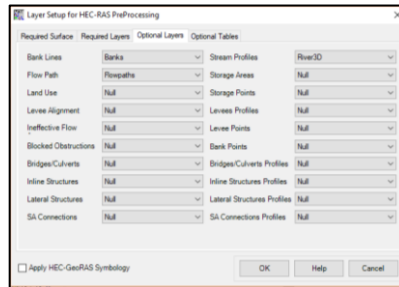
- GIS Import File
- 1) Pada menu *RAS Geometry*, pilih *Layer Setup* dan akan muncul layar *Layer setup for HEC-RAS PreProcessing*.
 - 2) Pastikan semua data *Terrain*, *Stream Centerline*, *XS Cut Lines*, *Bank Lines*, *Flow Path*, dan lain-lain sesuai dengna layer yang dikerjakan sebelumnya. Kemudian pilih *OK*.



Gambar 2. 25. Menu *Required Surface* pada layar *Layer Setup for HEC-RAS PreProcessing* di ArcGIS

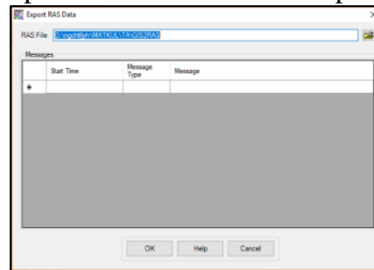


Gambar 2. 26. Menu *Required Layers* pada layar *Layer Setup for HEC-RAS PreProcessing* di ArcGIS



Gambar 2. 27. Menu *Optional Layers* pada layar *Layer Setup for HEC-RAS PreProcessing* di ArcGIS

- 3) Pada menu *RAS Geometry*, pilih *Export RAS Data*. Pilih tempat penyimpanan file RAS kemudian pilih *OK*.



Gambar 2. 28. Layar *Export RAS Data* pada ArcGIS

- 4) Jika proses penyimpanan telah selesai, pilih *Close*.

2.2.2 HEC-RAS

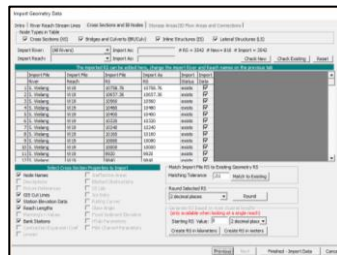
HEC-RAS merupakan program aplikasi untuk memodelkan aliran di sungai (*River Analysis System / RAS*) yang dibuat oleh *Hydrologic Engineering Center (HEC)* yang merupakan satu divisi di dalam *Institute for Water Resources (IWR)*, di bawah *US Army Corps of Engineering (USACE)*. Program ini bisa menganalisa beberapa hal yang berkaitan dengan saluran. Analisis yang dilakukan oleh *HEC-RAS* di antaranya :

- a. *Steady flow*, untuk menghitung profil muka air permanen berubah beraturan.

- b. *Unsteady flow*, untuk menyimulasikan profil muka air aliran tak tetap satu dimensi sungai yang memiliki alur kompleks.
- c. *Sediment transport*, untuk menyimulasikan transport sedimen satu dimensi akibat gerusan atau deposisi dalam waktu yang cukup panjang.
- d. *Water quality*, untuk menganalisis kualitas air di sungai.

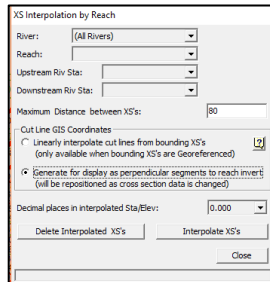
Pada studi kasus ini digunakan analisa *unsteady flow*. Langkah-langkah penggunaan program HEC-RAS sebagai berikut.

- 1) Buka data penampang sungai yang didapat dari proses HEC-GeoRAS. Pada menu *File*, pilih *Import Geometry Data*, dan pilih *GIS Format*. Masukkan data GIS dari ArcGIS, kemudian atur pada menu *Intro*, *River Reach Stream Lines*, dan *Cross Sections and IB Nodes*.



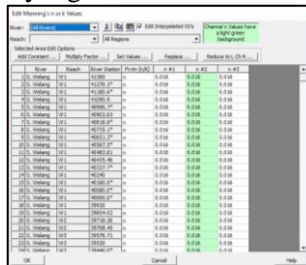
Gambar 2. 29. Layar *Import Geometry Data* pada HEC-RAS

- 2) Jika terdapat jarak yang cukup jauh antar penampang, maka perlu diinterpolasi. Pada menu *Tools*, pilih *XS Interpolation*, dan pilih *Within a Reach ...* Isi *Maximum Distance between XS's* sesuai yang diperlukan dan pilih pada *Cut Line GIS Coordinates* di layar *XS Interpolation by Reach*. Kemudian pilih *OK*.



Gambar 2. 30. Layar *XS Interpolation by Reach* pada HEC-RAS

- 3) Untuk mengisi nilai koefisien kekasaran Manning pada penampang, pilih menu *Tables* dan pilih *Manning's n or k values (Horizontally varied)* ... Masukkan nilai kekasaran sungai pada tabel yang tersedia. Kemudian pilih *OK*.



Gambar 2. 31. Layar *Edit Manning's n or k Values* pada HEC-RAS

Untuk mengetahui nilai koefisien kekasaran Manning dapat dilihat pada tabel di bawah.

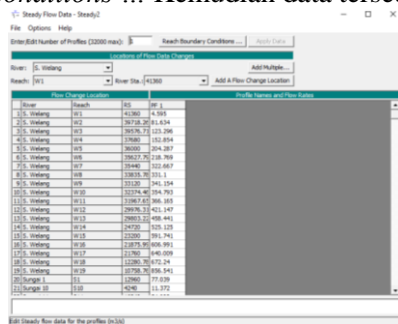
Tabel 2. 6. Harga koefisien kekasaran Manning

No.	Tipe Saluran dan Jenis Bahan	Harga n		
		Minimum	Normal	Maksimum
1.	Beton			
	• Gorong-gorong lurus dan bebas dari kotoran	0.010	0.011	0.013
	• Gorong-gorong dengan lengkungan dan sedikit kotoran/gangguan	0.011	0.013	0.014
	• Beton dipoles	0.011	0.012	0.014
2.	Saluran pembuang dengan bak kontrol	0.013	0.015	0.017
	Tanah, lurus, dan seragam			
	• Bersih baru	0.016	0.018	0.020
	• Bersih telah melapuk	0.018	0.022	0.025
	• Berkerikil	0.022	0.025	0.030
	• Berumput pendek, sedikit tanaman pengganggu	0.022	0.027	0.033

No.	Tipe Saluran dan Jenis Bahan	Harga n		
		Minimum	Normal	Maksimum
3.	Saluran alam			
	• Bersih lurus	0.025	0.030	0.033
	• Bersih, berkelok-kelok	0.033	0.022	0.025
	• Banyak tanaman pengganggu	0.050	0.070	0.080
	• Dataran banjir berumput pendek-tinggi	0.025	0.030	0.035
	• Saluran di belukar	0.035	0.050	0.070

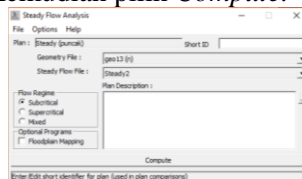
(Sumber : Ven Te Chow, 1959 dalam Aswanto, 2015)

- 4) Simpan data geometri dengan pilih menu *File* dan pilih *Save Geometry Data As ...* Pilih tempat untuk mengimpan data geometri, kemudian pilih *OK*.
- 5) Jika akan menganalisis dengan Metode *Steady Flow*, masukkan data debit pada *steady flow*. Pilih ikon *View/Edit steady flow data*. Masukkan nilai debit pada kolom sebelah *RS*. Untuk memasukkan data pasang surut pilih *Reach Boundary Conditions ...* Kemudian data tersebut disimpan.



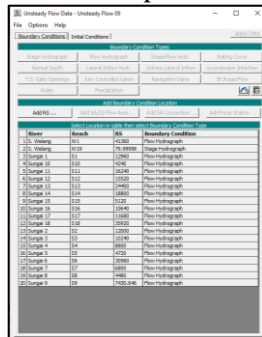
Gambar 2. 32. Layar *Steady Flow Data* pada HEC-RAS

- 6) Untuk menguji hidraulika, pilih *Perform a steady flow simulation*. Atur *Geometry File*, *Steady Flow File*, dan *Flow Regime*. Kemudian pilih *Compute*.



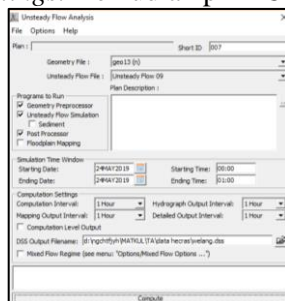
Gambar 2. 33. Layar *Steady Flow Analysis* pada HEC-RAS

- 7) Jika akan menganalisis dengan Metode *Unsteady Flow*, masukkan data debit pada *unsteady flow*. Pilih ikon *View/Edit unsteady flow data*. Pada *Boundary Conditions*, pilih *Flow Hydrograph* untuk memasukkan data debit saja di bagian hulu sungai dan pilih *Stage Hydrograph* untuk memasukkan tinggi pasang surut laut di bagian hilir sungai. Kemudian data tersebut disimpan.



Gambar 2. 34. Layar *Unsteady Flow Data* pada HEC-RAS

- 8) Untuk menguji hidraulika, pilih *Perform an unsteady flow simulation*. Atur *Geometry File*, *Unsteaad Flow File*, *Programs to Run*, *Simulation Time Window*, dan *Computation Settings*. Kemudian pilih *Compute*.



Gambar 2. 35. Layar *Unsteady Flow Analysis* pada HEC-RAS

2.3 *Retarding Basin*

Pada umumnya, *retarding basin* yaitu kolam retensi. *Retarding basin* adalah kolam untuk menampung sementara kelebihan volume air pada saat sungai tersebut mencapai debit puncaknya dan kemudian mengalirkan kembali ke sungai jika debit sungai kembali normal. Fungsi *retarding basin* ini sebagai kolam tampungan sementara untuk mengendalikan puncak banjir pada suatu sungai sehingga meminimalisir terjadinya luapan pada sungai.

Menurut Buku Panduan tentang Sistem Drainase Mandiri Berbasis Masyarakat yang Berwawasan Lingkungan, alternatif tipe *retarding basin* (kolam retensi) yang disarankan, di antaranya :

a. Kolam retensi tipe di samping badan sungai

Kesesuaian pada tipe ini yaitu :

- Dipakai apabila tersedia lahan kolam retensi
- Kapasitas bisa optimal apabila lahan tersedia
- Tidak mengganggu sistem aliran yang ada
- Pemeliharaan lebih mudah
- Pelaksanaan lebih mudah



Gambar 2. 36. Kolam retensi tipe di samping badan sungai
(Sumber : AMPL Pemkab Bandung, 2014)

b. Kolam retensi tipe di dalam badan sungai

Kesesuaian pada tipe ini yaitu :

- Dipakai apabila lahan sulit didapat
- Kapasitas kolam retensi terbatas
- Mengganggu aliran yang ada di hulu

- Pelaksanaan lebih sulit
- Pemeliharaan lebih mahal



Gambar 2. 37. Kolam retensi tipe di dalam badan sungai
(Sumber : AMPL Pemkab Bandung, 2014)

c. Kolam retensi tipe *storage* memanjang

Kesesuaian pada tipe ini yaitu :

- Mengoptimalkan saluran drainase yang ada karena lahan tidak tersedia
- Kapasitasnya terbatas
- Mengganggu aliran yang ada
- Pelaksanaan lebih sulit



Gambar 2. 38. Kolam retensi tipe *storage* memanjang
(Sumber : AMPL Pemkab Bandung, 2014)

Dalam analisa *retarding basin*, perlu meninjau kala ulang debit banjir rencana. Berdasarkan Buku Panduan tentang Sistem Drainase Mandiri Berbasis Masyarakat yang Berwawasan Lingkungan (2014), kala ulang yang digunakan sebagai berikut.

Tabel 2. 7. Kala ulang berdasarkan tipologi kota dan luas daerah pengaliran

Tipologi Kota	Cathcment Area (Ha)			
	< 10	10-100	100-500	> 500
Kota Metropolitan	2 tahun	2 - 5 tahun	5 - 10 tahun	10 - 25 tahun
Kota Besar	2 tahun	2 - 5 tahun	2 - 5 tahun	5 - 20 tahun
Kota Sedang/ Kecil	2 tahun	2 - 5 tahun	2 - 5 tahun	5 - 10 tahun

(Sumber : AMPL Pemkab Bandung, 2014)

Asumsi perhitungan untuk menentukan debit pada *retarding basin* atau kolam retensi sebagai berikut.

Total inflow – Total outflow = Storage area pada waktu (t)

2.3.1 Metode Muskingum

Untuk menentukan total *outflow* menggunakan Metode Muskingum. Menurut Nugroho (2010), Metode Muskingum pada sistem hidrologi digunakan untuk penelusuran banjir melalui sungai, dimana metode ini pada umumnya dipakai untuk menghitung variabel yang berhubungan dengan debit dan tampungan. Persamaan pada metode ini sebagai berikut.

$$S = K[XI + (1 - X)O]$$

$$C_1 = \frac{\Delta t - 2KX}{2K(1 - X) + \Delta t}$$

$$C_2 = \frac{\Delta t + 2KX}{2K(1 - X) + \Delta t}$$

$$C_3 = \frac{2K(1 - X) - \Delta t}{2K(1 - X) + \Delta t}$$

$$C_1 + C_2 + C_3 = 1$$

$$O_{j+1} = C_1 I_{j+1} + C_2 I_j + C_3 O_j$$

Keterangan :

S = Tampungan sungai (m^3)

I = *Inflow* aliran sungai (m^3 /detik)

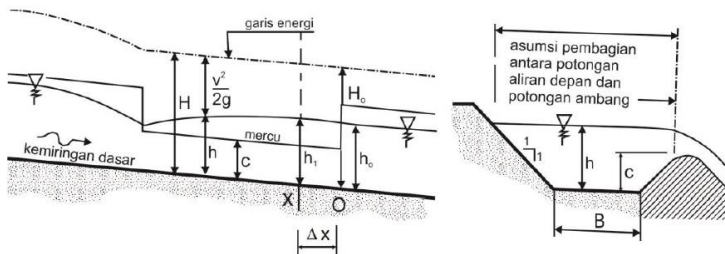
O = *Outflow* aliran sungai (m^3 /detik)

K = Konstanta tampungan atau rasio tampungan terhadap debit (jam)

X = Faktor penimbang nilainya tergantung bentuk saluran, $0 \leq X \leq 0.50$

2.3.2 Pelimpah Samping

Berdasarkan KP-04 Spesifikasi Teknis Kriteria Perencanaan Bagian Bangunan (2013), debit di saluran pelimpah samping tidak seragam dan oleh karena itu, persamaan kontinuitas untuk aliran mantap yang kontinu (terus menerus) tidak berlaku. Metode yang akan digunakan untuk perencanaan pelimpah samping yaitu Metode Bilangan De Marchi.



Gambar 2. 39. Definisi untuk saluran dengan pelimpah samping

(Sumber : Standar Perencanaan Irigasi Kriteria Perencanaan Bagian Bangunan KP-04, 2013)

Metode ini untuk menentukan panjang bangunan pelimpah dengan mengandaikan aliran subkritis. Berdasarkan KP-04, langkah-langkah perhitungan sebagai berikut.

- 1) Di dekat ujung bangunan pelimpah, kedalaman aliran h_o dan debit Q_o sama dengan kedalaman dan debit potongan saluran di belakang pelimpah. Tinggi energi di ujung pelimpah dapat dihitung sebagai berikut.

$$H_o = h_o + \frac{v_o^2}{2g}$$

Keterangan :

H_o = Tinggi energi di ujung pelimpah (m)

h_o = Tinggi kedalaman aliran di ujung pelimpah (m)

v_o = Kecepatan aliran di ujung pelimpah (m/detik)

g = percepatan gravitasi (9.8 m/detik^3)

- 2) Pada jarak Δx di ujung huku dan hilir bangunan pelimpah tinggi energi juga H_o , karena sudah diandaikan bahwa tinggi energi di samping pelimpah adalah konstan.

$$H_x = h_x + \frac{v_x^2}{2g} = h_x + \frac{Q_x^2}{2g \times A_x^2}$$

$$Q_x = Q_o + q_x$$

$$q_x = \mu \times \Delta x \times \sqrt{2g} \times \frac{(h_o - c) + (h_x - c)^{\frac{3}{2}}}{2}$$

$$\text{Jika } h_x = h_o$$

$$q_x = \mu \times \Delta x \times \sqrt{2g} \times (h_o - c)^{\frac{3}{2}}$$

$$Q_x = Q_o + q_x$$

$$H_x = H_o - \frac{Q_x^2}{2g \times A_x^2}$$

Koefisien debit μ untuk mercu pelimpah harus diambil 5% lebih kecil daripada koefisien serupa untuk mercu yang tegak lurus terhadap aliran.

- 3) Setelah H_x dan Q_x ditentukan, kedalaman air h_{2x} dan debit Q_{2x} akan dihitung untuk suatu potongan pada jarak $2\Delta x$ di depan ujung pelimpah dengan cara yang sama seperti yang dijelaskan sebelumnya.
- 4) Perhitungan ini harus diteruskan sampai Q_{nx} sama dengan debit banjir rencana potongan saluran di bagian hulu bangunan pelimpah samping. Panjang pelimpah adalah $n\Delta x$ dan jumlah air lebih yang akan dilimpahkan adalah $Q_{nx} - Q_o$.

“halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB III METODOLOGI

3.1 Pengumpulan Data

Pada pengumpulan data yang dibutuhkan, data yang digunakan untuk meninjau debit banjir pada Sungai Welang yaitu data primer dan data sekunder. Data primer ialah data yang diperoleh dari hasil survei atau peninjauan langsung di lapangan. Sedangkan data sekunder ialah data yang diperoleh dari instansi-instansi yang menaungi Sungai Welang, salah satunya di antaranya Balai Besar Wilayah Sungai Brantas. Beberapa data sekunder yang dibutuhkan yaitu :

- a. Peta DAS Welang
- b. Peta topografi DAS Welang (DEM)
- c. Data curah hujan dan peta pos hujan (2004-2017)
- d. Peta *land use* Kabupaten Pasuruan
- e. Data penampang Sungai Welang
- f. Data debit/AWLR Sungai Welang
- g. Data pasang surut Pasuruan

3.2 Analisa Hidrologi

Analisa hidrologi dilakukan untuk mengetahui debit banjir rencana (Q_b) yang diperoleh dari perhitungan terhadap data curah hujan pada DAS Welang. Beberapa tahap yang akan dilakukan, di antaranya :

- 1) Perhitungan data curah hujan yang hilang
- 2) Uji konsistensi data
- 3) Perhitungan curah hujan rerata maksimum tahunan
- 4) Perhitungan distribusi probabilitas data hujan dan data AWLR
- 5) Perhitungan uji kecocokan data hujan dan data AWLR
- 6) Perhitungan debit banjir rencana

3.3 Analisa Hidraulika

Analisa hidraulika dilakukan untuk mengetahui debit kapasitas Sungai Welang (Q_s) yang diperoleh dari perhitungan

terhadap data penampang eksisting pada Sungai Welang yang akan ditinjau. Setelah mengetahui debit banjir rencana (Q_b) dan debit kapasitas Sungai Welang (Q_s), maka hasil-hasil perhitungan tersebut akan dibandingkan untuk mengetahui perlu tidaknya penanganan banjir. Untuk membandingkan debit banjir rencana (Q_b) dan debit kapasitas Sungai Welang (Q_s), maka digunakan program bantu HEC-RAS 5.0.3. Beberapa tahap yang akan dilakukan, di antaranya :

- 1) Data penampang sungai (*cross section*) dengan ArcGIS 10.3.
- 2) Mencari koefisien kekasaran Manning.
- 3) Analisa banjir dengan HEC-RAS 5.0.3.

3.4 Analisa Retadasi

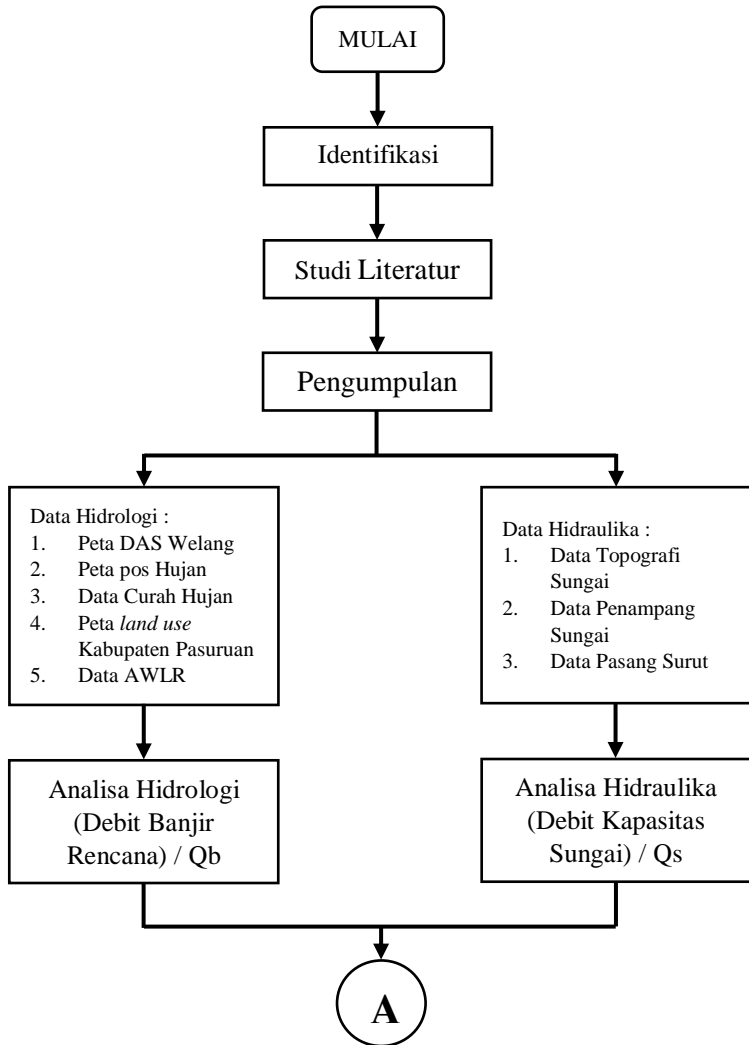
Jika hasil perhitungan sebelumnya membuktikan bahwa debit banjir rencana (Q_b) lebih besar daripada debit kapasitas Sungai Welang (Q_s), maka selanjutnya dilakukan perhitungan metode *retarding basin*. Tujuan perhitungan metode *retarding basin* yaitu sebagai alternatif dalam pereduksian banjir. Pada analisa ini akan memperkirakan letak dan volume *retarding basin* pada titik-titik lokasi banjir dengan dengan tujuan menampung debit banjir.

Dalam perhitungan metode *retarding basin*, perlu adanya peninjauan-peninjauan baik secara langsung maupun tidak langsung. Peninjauan-peninjauan tersebut di antaranya :

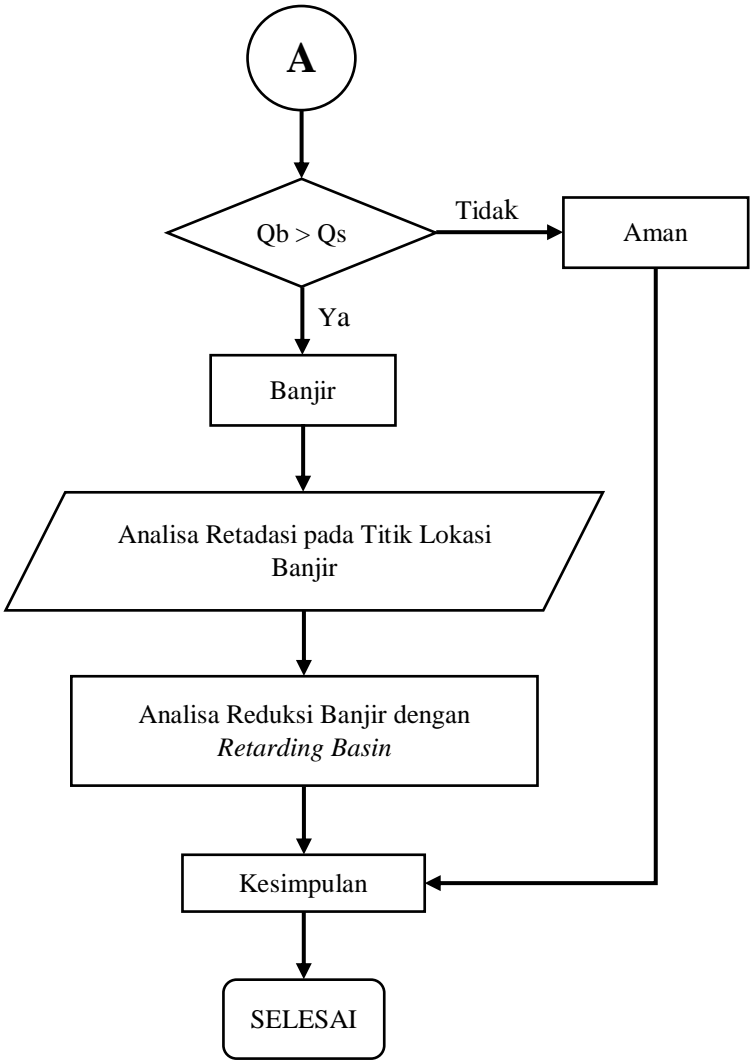
- a. Kondisi kawasan sekitar sungai yang dapat memungkinkan adanya *retarding basin*.
- b. Mempelajari studi literatur tentang metode *retarding basin* dari berbagai sumber terpercaya.

3.5 Analisa Reduksi Banjir

Pada analisa ini, hasil analisa banjir dan hasil analisa retadasi akan diuji dengan HEC-RAS dan kemudian diketahui apakah dengan adanya *retarding basin* mampu mereduksi banjir atau tidak. Hasil pada analisa ini berupa nilai keefektifan *retarding basin* dalam mereduksi banjir.



Gambar 3. 1. Bagan Alir Tugas Akhir



Gambar 3.2. Lanjutan Bagan Alir Tugas Akhir

BAB IV PEMBAHASAN

4.1 Analisa Hidrologi

4.1.1 Perkiraan Data Hujan Hilang

Data curah hujan diperoleh dari Dinas Sumber Daya Air dan Tata Ruang Kabupaten Pasuruan. Berdasarkan data tersebut sebanyak 8 pos hujan dari tahun 2004 – 2017.

Tabel 4. 1. Data curah hujan sebelum uji perkiraan data hilang

Tahun	Hujan Harian Maksimum							
	Pager	Purwodadi	Puwosari	Selowongko	Tutur	Wonorejo	Ngempit	Telebuk
2004	124	119	180	116	105	84	139	87
2005	104	108	95	57	86	93		85
2006	83	95	75	114	80	90		126
2007	95	82	70	80	92	80		132
2008	126	115	149	155	98	117		154
2009	85	98	75	93	87	96	80	109
2010	105	130	125	104	95	166	161	114
2011	99	98	90	91	81	72	60	91
2012	77	106	75	93	85	100	90	97
2013	87	105	115	70	85	77	99	98
2014	102	120	80	61	115	70	96	78
2015	94	165	135	64	180	67	77	134
2016	114	94	140	130	124	125	120	95
2017	125	127	132	163	81	89	95	115

(Sumber : Dinas PU Sumber Daya Air dan Tatat Ruang Kabupaten Pasuruan)

Salah satu pos hujan yaitu Pos Hujan Ngempit terdapat kekosongan data pencatatan hujan selama 4 tahun (2005 – 2008). Untuk memperkirakan data hujan yang kosong digunakan Metode *Inversed Square Distance*.

Tabel 4. 2. Data perhitungan Metode *Inversed Square Distance*

Pos Hujan	Jarak (km)	Curah Hujan (mm)			
		2005	2006	2007	2008
Wonorejo	5.25	93	90	80	117
Telebuk	10.63	85	126	132	154
Selowongko	13.66	57	114	80	155
Purwosari	16.89	95	75	70	149
Tutur	24.81	86	80	92	98
Purwodadi	20.69	108	95	82	115
Pager	15.58	104	83	95	126

(Sumber : Hasil analisis)

Untuk perhitungan curah hujan pada pos hujan Ngempit pada tahun 2005 – 2008 yaitu :

▪ Tahun 2005

$$P = \frac{\frac{1}{5.25^2} \times 93 + \frac{1}{10.63^2} \times 85 + \frac{1}{13.66^2} \times 57 + \frac{1}{16.89^2} \times 95 + \frac{1}{24.81^2} \times 86 + \frac{1}{20.69^2} \times 108 + \frac{1}{15.58^2} \times 104}{\frac{1}{5.25^2} + \frac{1}{10.63^2} + \frac{1}{13.66^2} + \frac{1}{16.89^2} + \frac{1}{24.81^2} + \frac{1}{20.69^2} + \frac{1}{15.58^2}}$$

$P = 89.976 \text{ mm}$

▪ Tahun 2006

$$P = \frac{\frac{1}{5.25^2} \times 90 + \frac{1}{10.63^2} \times 126 + \frac{1}{13.66^2} \times 144 + \frac{1}{16.89^2} \times 75 + \frac{1}{24.81^2} \times 80 + \frac{1}{20.69^2} \times 95 + \frac{1}{15.58^2} \times 83}{\frac{1}{5.25^2} + \frac{1}{10.63^2} + \frac{1}{13.66^2} + \frac{1}{16.89^2} + \frac{1}{24.81^2} + \frac{1}{20.69^2} + \frac{1}{15.58^2}}$$

$P = 95.819 \text{ mm}$

▪ Tahun 2007

$$P = \frac{\frac{1}{5.25^2} \times 117 + \frac{1}{10.63^2} \times 132 + \frac{1}{13.66^2} \times 80 + \frac{1}{16.89^2} \times 70 + \frac{1}{24.81^2} \times 92 + \frac{1}{20.69^2} \times 82 + \frac{1}{15.58^2} \times 95}{\frac{1}{5.25^2} + \frac{1}{10.63^2} + \frac{1}{13.66^2} + \frac{1}{16.89^2} + \frac{1}{24.81^2} + \frac{1}{20.69^2} + \frac{1}{15.58^2}}$$

$P = 88.233 \text{ mm}$

▪ Tahun 2008

$$P = \frac{\frac{1}{5.25^2} \times 80 + \frac{1}{10.63^2} \times 154 + \frac{1}{13.66^2} \times 155 + \frac{1}{16.89^2} \times 149 + \frac{1}{24.81^2} \times 98 + \frac{1}{20.69^2} \times 115 + \frac{1}{15.58^2} \times 126}{\frac{1}{5.25^2} + \frac{1}{10.63^2} + \frac{1}{13.66^2} + \frac{1}{16.89^2} + \frac{1}{24.81^2} + \frac{1}{20.69^2} + \frac{1}{15.58^2}}$$

$P = 127.387 \text{ mm}$

Dari hasil di atas digunakan untuk melengkapi data pos hujan Ngempit. Sehingga data-data curah hujan pada tabel di bawah dari pos-pos hujan yang diamati dapat digunakan untuk analisis selanjutnya.

Tabel 4. 3. Data curah hujan setelah uji perkiraan data hilang

Tahun	Hujan Harian Maksimum (mm)							
	Pager	Purwodadi	Puwosari	Selowongko	Tutur	Wonorejo	Ngempit	Telebuk
2004	124	119	180	116	105	84	139	87
2005	104	108	95	57	86	93	89.976	85
2006	83	95	75	114	80	90	95.819	126
2007	95	82	70	80	92	80	88.233	132
2008	126	115	149	155	98	117	127.387	154
2009	85	98	75	93	87	96	80	109
2010	105	130	125	104	95	166	161	114
2011	99	98	90	91	81	72	60	91
2012	77	106	75	93	85	100	90	97
2013	87	105	115	70	85	77	99	98
2014	102	120	80	61	115	70	96	78
2015	94	165	135	64	180	67	77	134
2016	114	94	140	130	124	125	120	95
2017	125	127	132	163	81	89	95	115

(Sumber : Hasil analisis)

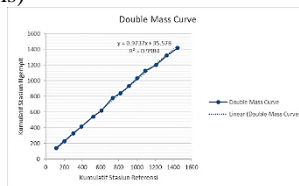
4.1.2 Uji Konsistensi Data

Pada uji konsistensi data hujan menggunakan *Double Mass Curve Test* pada semua pos hujan yang diamati.

Tabel 4. 4. Perhitungan *Double Mass Curve Test* pos hujan Ngempit

Tahun	Data hujan harian maks stasiun								Rerata stasiun (1) s.d (7)		Kumulatif stasiun	
	Pager (1)	Purwodadi (2)	Purwasari (3)	Selowongko (4)	Tutur (5)	Wonorejo (6)	Telubak (7)	Ngempit			Ngempit	Referensi
2004	124	119	180	116	105	84	87	139	116.43	139.00	116.43	
2005	104	108	95	57	86	93	85	89.976	89.71	228.98	206.14	
2006	83	95	75	114	80	90	126	95.819	94.71	324.79	300.86	
2007	95	82	70	80	92	80	132	88.233	90.14	413.03	391.00	
2008	126	115	149	155	98	117	154	127.387	130.57	540.42	521.57	
2009	85	98	75	93	87	96	109	80	91.86	620.42	613.43	
2010	105	130	125	104	95	166	114	161	119.86	781.42	733.29	
2011	99	98	90	91	81	72	91	60	88.86	841.42	822.14	
2012	77	106	75	93	85	100	97	90	90.43	931.42	912.57	
2013	87	105	115	70	85	77	98	99	91.00	1030.42	1003.57	
2014	102	120	80	61	115	70	78	96	89.43	1126.42	1093.00	
2015	94	165	135	64	180	67	134	77	119.86	1203.42	1212.86	
2016	114	94	140	130	124	125	95	120	117.43	1323.42	1330.29	
2017	125	127	132	163	81	89	115	95	118.86	1418.42	1449.14	

(Sumber : Hasil analisis)

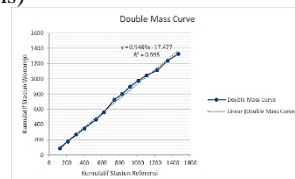


Gambar 4. 1. Grafik *Double Mass Curve Test* pos hujan Ngempit
(Sumber : Hasil analisis)

Tabel 4. 5. Perhitungan *Double Mass Curve Test* pos hujan Wonorejo

Tahun	Data hujan harian maks stasiun								Rerata stasiun (1) s.d (7)		Kumulatif stasiun	
	Pager (1)	Purwodadi (2)	Purwasari (3)	Selowongko (4)	Tutur (5)	Telubak (6)	Ngempit (7)	Wonorejo			Wonorejo	Referensi
2004	124	119	180	116	105	87	139	84	124.29	84.00	124.29	
2005	104	108	95	57	86	85	89.976	93	89.28	177.00	213.57	
2006	83	95	75	114	80	126	95.819	90	95.55	267.00	309.11	
2007	95	82	70	80	92	132	88.233	80	91.32	347.00	400.43	
2008	126	115	149	155	98	154	127.387	117	132.06	464.00	532.49	
2009	85	98	75	93	87	109	80	96	89.57	560.00	622.06	
2010	105	130	125	104	95	114	161	166	119.14	726.00	741.20	
2011	99	98	90	91	81	91	60	72	87.14	798.00	828.35	
2012	77	106	75	93	85	97	90	100	89.00	898.00	917.35	
2013	87	105	115	70	85	98	99	77	94.14	975.00	1011.49	
2014	102	120	80	61	115	78	96	70	93.14	1048.00	1104.63	
2015	94	165	135	64	180	134	77	67	121.29	1112.00	1225.92	
2016	114	94	140	130	124	125	120	125	116.71	1237.00	1342.63	
2017	125	127	132	163	81	115	95	89	119.71	1326.00	1462.35	

(Sumber : Hasil analisis)

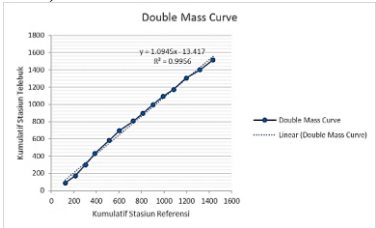


Gambar 4. 2. Grafik *Double Mass Curve Test* pos hujan Wonorejo
(Sumber : Hasil analisis)

Tabel 4. 6. Perhitungan *Double Mass Curve Test* pos hujan Telebuk

Tahun	Data hujan harian maks stasiun								Rerata stasiun		Kumulatif stasiun	
	Pager (1)	Purwodadi (2)	Puwosari (3)	Sedowongko (4)	Tutur (5)	Wonorejo (6)	Ngampit (7)	Telebuk	(1) s/d (7)		Telebuk	Referensi
2017	124	119	180	116	105	84	139	87	123.86		87.00	123.86
2016	104	108	95	57	86	93	89.976	85	90.43		172.00	214.28
2015	83	95	75	114	80	90	95.819	126	90.40		295.00	304.68
2014	95	82	70	80	92	80	88.233	132	83.89		430.00	388.58
2013	126	115	149	155	98	117	127.387	154	126.77		584.00	515.35
2012	85	98	75	93	87	96	80	109	87.71		693.00	603.06
2011	105	130	125	104	95	166	161	114	126.57		807.00	729.63
2010	99	98	90	91	81	72	60	91	84.43		898.00	814.06
2009	77	106	75	93	85	100	90	97	89.43		995.00	903.49
2008	87	105	115	70	85	77	99	98	91.14		1093.00	994.63
2007	102	120	80	61	115	70	96	78	92.00		1171.00	1086.63
2006	94	165	135	64	180	67	77	134	111.71		1305.00	1198.35
2005	114	94	140	130	124	125	120	95	121.00		1400.00	1319.35
2004	125	127	132	163	81	89	95	115	116.00		1515.00	1435.35

(Sumber : Hasil analisis)

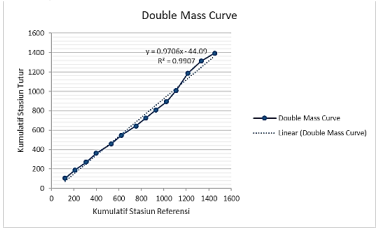


Gambar 4.3. Grafik *Double Mass Curve Test* pos hujan Telebuk
(Sumber : Hasil analisis)

Tabel 4. 7. Perhitungan *Double Mass Curve Test* pos hujan Tutur

Tahun	Data hujan harian maks stasiun								Rerata stasiun		Kumulatif stasiun	
	Pager (1)	Purwodadi (2)	Puwosari (3)	Sedowongko (4)	Telebuk (5)	Wonorejo (6)	Ngampit (7)	Tutur	(1) s/d (7)		Tutur	Referensi
2017	124	119	180	116	87	84	139	105	121.29		105.00	121.29
2016	104	108	95	57	85	93	89.976	86	90.28		191.00	211.57
2015	83	95	75	114	126	90	95.819	80	96.97		271.00	308.54
2014	95	82	70	80	132	80	88.233	92	89.60		363.00	398.15
2013	126	115	149	155	154	117	127.387	98	134.77		461.00	532.92
2012	85	98	75	93	109	96	80	87	90.86		548.00	623.77
2011	105	130	125	104	114	166	161	95	129.29		643.00	753.06
2010	99	98	90	91	91	72	60	81	85.86		724.00	838.92
2009	77	106	75	93	97	100	90	85	91.14		809.00	930.06
2008	87	105	115	70	98	77	99	85	93.00		894.00	1023.06
2007	102	120	80	61	78	70	96	115	86.71		1009.00	1109.77
2006	94	165	135	64	134	67	77	180	105.14		1189.00	1214.92
2005	114	94	140	130	95	125	120	124	116.86		1313.00	1331.77
2004	125	127	132	163	115	89	95	81	120.86		1394.00	1452.63

(Sumber : Hasil analisis)

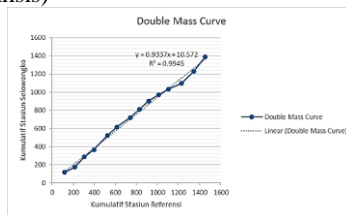


Gambar 4.4. Grafik *Double Mass Curve Test* pos hujan Tutur
(Sumber : Hasil analisis)

Tabel 4. 8. Perhitungan *Double Mass Curve Test* pos hujan Selowongko

Tahun	Data hujan harian maks stasiun								Kumulatif stasiun		
	Pager (1)	Purwodadi (2)	Purwosari (3)	Tutur (4)	Telebak (5)	Wonorejo (6)	Ngempit (7)	Selowongko	Rerata stasiun (1) s/d (7)	Selowongko	Referensi
2017	124	119	180	105	87	84	139	116	119.71	116.00	119.71
2016	104	108	95	86	85	93	89.976	57	94.43	173.00	214.14
2015	83	95	75	80	126	90	95.819	114	92.12	287.00	306.26
2014	95	82	70	92	132	80	88.233	80	91.32	367.00	397.58
2013	126	115	149	98	154	117	127.387	155	126.63	522.00	524.20
2012	85	98	75	87	109	96	80	93	90.00	615.00	614.20
2011	105	130	125	95	114	166	161	104	128.00	719.00	742.20
2010	99	98	90	81	91	72	60	91	84.43	810.00	826.63
2009	77	106	75	85	97	100	90	93	90.00	903.00	916.63
2008	87	105	115	85	98	77	99	70	95.14	973.00	1011.77
2007	102	120	80	115	78	70	96	61	94.43	1034.00	1106.20
2006	94	165	135	180	134	67	77	64	121.71	1098.00	1227.92
2005	114	94	140	124	95	125	120	130	116.00	1228.00	1343.92
2004	125	127	132	81	115	89	95	163	109.14	1391.00	1453.06

(Sumber : Hasil analisis)



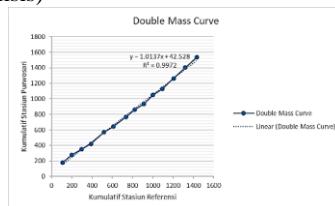
Gambar 4.5. Grafik *Double Mass Curve Test* pos hujan Selowongko

(Sumber : Hasil analisis)

Tabel 4. 9. Perhitungan *Double Mass Curve Test* pos hujan Purwosari

Tahun	Data hujan harian maks stasiun								Kumulatif stasiun		
	Pager (1)	Purwodadi (2)	Selowongko (3)	Tutur (4)	Telebak (5)	Wonorejo (6)	Ngempit (7)	Purwosari	Rerata stasiun (1) s/d (7)	Purwosari	Referensi
2017	124	119	116	105	87	84	139	180	110.57	180.00	110.57
2016	104	108	57	86	85	93	89.976	95	89.00	275.00	199.57
2015	83	95	114	80	126	90	95.819	75	97.69	350.00	297.26
2014	95	82	80	92	132	80	88.233	70	92.75	420.00	390.00
2013	126	115	155	98	154	117	127.387	149	127.48	569.00	517.49
2012	85	98	93	87	109	96	80	75	92.57	644.00	610.06
2011	105	130	104	95	114	166	161	125	125.00	769.00	735.06
2010	99	98	91	81	91	72	60	90	84.57	859.00	819.63
2009	77	106	93	85	97	100	90	75	92.57	934.00	912.20
2008	87	105	70	85	98	77	99	115	88.71	1049.00	1000.92
2007	102	120	61	115	78	70	96	80	91.71	1129.00	1092.63
2006	94	165	64	180	134	67	77	135	111.57	1264.00	1204.20
2005	114	94	130	124	95	125	120	140	114.57	1404.00	1318.77
2004	125	127	163	81	115	89	95	132	113.57	1536.00	1432.35

(Sumber : Hasil analisis)



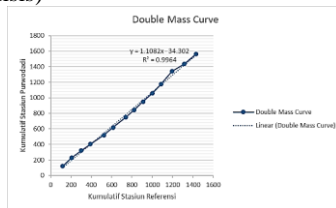
Gambar 4.6. Grafik *Double Mass Curve Test* pos hujan Purwosari

(Sumber : Hasil analisis)

Tabel 4. 10. Perhitungan *Double Mass Curve Test* pos hujan Purwodadi

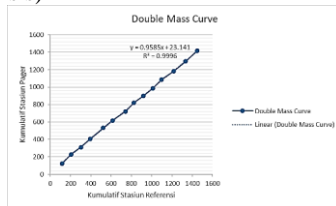
Tahun	Data hujan harian maks stasiun							Rerata stasiun	Kumulatif stasiun	
	Pager (1)	Purwosari (2)	Selwongko (3)	Tutur (4)	Telebuk (5)	Wonorejo (6)	Ngempit (7)	Purwodadi	(1) s/d (7)	Purwodadi Referensi
2017	124	180	116	105	87	84	139	119	119.29	119.29
2016	104	95	57	86	85	93	89.976	108	87.14	206.43
2015	83	75	114	80	126	90	95.819	95	94.83	322.00
2014	95	70	80	92	132	80	88.233	82	91.03	404.00
2013	126	149	155	98	154	117	127.387	115	132.34	519.00
2012	85	75	93	87	109	96	80	98	89.29	617.00
2011	105	125	104	95	114	166	161	130	124.29	747.00
2010	99	90	91	81	91	72	60	98	83.43	845.00
2009	77	75	93	85	97	100	90	106	88.14	951.00
2008	87	115	70	85	98	77	99	105	90.14	1056.00
2007	102	80	61	115	78	70	96	120	86.00	1176.00
2006	94	135	64	180	134	67	77	165	107.29	1341.00
2005	114	140	130	124	95	125	120	94	121.14	1435.00
2004	125	132	163	81	115	89	95	127	114.29	1562.00

(Sumber : Hasil analisis)

Gambar 4.7. Grafik *Double Mass Curve Test* pos hujan Purwodadi
(Sumber : Hasil analisis)Tabel 4. 11. Perhitungan *Double Mass Curve Test* pos hujan Pager

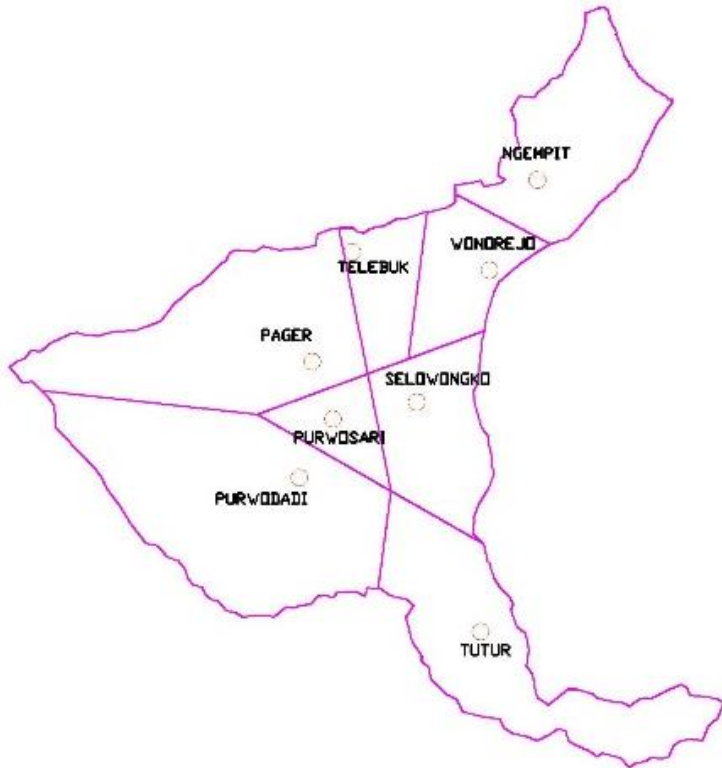
Tahun	Data hujan harian maks stasiun							Rerata stasiun	Kumulatif stasiun	
	Purwodadi (1)	Purwosari (2)	Selwongko (3)	Tutur (4)	Telebuk (5)	Wonorejo (6)	Ngempit (7)	Pager	(1) s/d (7)	Pager Referensi
2017	119	180	116	105	87	84	139	124	118.57	118.57
2016	108	95	57	86	85	93	89.976	104	87.71	228.00
2015	95	75	114	80	126	90	95.819	83	96.35	311.00
2014	82	70	80	92	132	80	88.233	95	89.18	406.00
2013	115	149	155	98	154	117	127.387	126	130.77	532.00
2012	98	75	93	87	109	96	80	85	91.14	617.00
2011	130	125	104	95	114	166	161	105	127.86	722.00
2010	98	90	91	81	91	72	60	99	83.29	821.00
2009	106	75	93	85	97	100	90	77	92.29	898.00
2008	105	115	70	85	98	77	99	87	92.71	985.00
2007	120	80	61	115	78	70	96	102	88.57	1087.00
2006	165	135	64	180	134	67	77	94	117.43	1181.00
2005	94	140	130	124	95	125	120	114	118.29	1295.00
2004	127	132	163	81	115	89	95	125	114.57	1420.00

(Sumber : Hasil analisis)

Gambar 4.8. Grafik *Double Mass Curve Test* pos hujan Pager
(Sumber : Hasil analisis)

4.1.3 Curah Hujan Rerata Maksimum

Untuk menentukan curah hujan rerata maksimum digunakan Metode Poligon Thiessen. Maka perlu dilakukan pembagian area pos hujan berdasarkan metode ini sehingga didapat hasil tiap pos hujan pada DAS Welang.



Gambar 4.9. Pembagian DAS dengan Metode Poligon Thiessen

(Sumber : Hasil analisis)

Tabel 4. 12. Area pos hujan berdasarkan Poligon Thiessen

Nama pos	Area (km ²)
Pager	104.095
Purwodadi	134.439
Purwosari	20.009

Nama pos	Area (km ²)
Selowongko	48.354
Tutur	87.499
Wonorejo	34.656
Ngempit	66.388
Telebuk	26.348
Total	521.788

(Sumber : Hasil analisis)

Dari hasil pembagian DAS Welang di atas akan digunakan untuk menentukan curah hujan rerata maksimum dari semua pos-pos hujan yang diamati dengan perhitungan di bawah ini.

$$\bar{p} = \frac{124 \times 104.095 + 119 \times 134.439 + 180 \times 20.009 + 116 \times 48.354 + 105 \times 87.499 + 84 \times 34.656 + 139 \times 66.388 + 87 \times 26.348}{104.095 + 134.439 + 20.009 + 48.354 + 87.499 + 34.656 + 66.388 + 26.348}$$

$$\bar{p} = \frac{12907.798 + 15998.205 + 3601.703 + 5609.052 + 9187.368 + 2911.134 + 9227.982 + 2292.249}{521.788}$$

$$\bar{p} = 118.315 \text{ mm}$$

Tabel 4. 13. Hasil perhitungan curah hujan rerata maksimum dengan Metode Poligon Thiessen

Tahun	Data Curah Hujan Maks (mm) x Luas DAS								Hujan Rerata
	Pager	Purwodadi	Puwosari	Selowongko	Tutur	Wonorejo	Ngempit	Telebuk	
2004	12907.8	15998.2	3601.7	5609.1	9187.4	2911.1	9228.0	2292.2	118.315
2005	10825.9	14519.4	1900.9	2756.2	7524.9	3223.0	5973.3	2239.6	93.837
2006	8639.9	12771.7	1500.7	5512.3	6999.9	3119.1	6361.3	3319.8	92.422
2007	9889.0	11024.0	1400.7	3868.3	8049.9	2772.5	5857.7	3477.9	88.810
2008	13116.0	15460.5	2981.4	7494.9	8574.9	4054.8	8457.0	4057.5	123.033
2009	8848.1	13175.0	1500.7	4496.9	7612.4	3327.0	5311.1	2871.9	90.349
2010	10930.0	17477.0	2501.2	5028.8	8312.4	5753.0	10688.5	3003.6	122.070
2011	10305.4	13175.0	1800.9	4400.2	7087.4	2495.3	3983.3	2397.6	87.478
2012	8015.3	14250.5	1500.7	4496.9	7437.4	3465.6	5975.0	2555.7	91.411
2013	9056.3	14116.1	2301.1	3384.8	7437.4	2668.5	6572.4	2582.1	92.219
2014	10617.7	16132.6	1600.8	2949.6	10062.4	2425.9	6373.3	2055.1	100.074
2015	9784.9	22182.4	2701.3	3094.6	15749.8	2322.0	5111.9	3530.6	123.570
2016	11866.8	12637.2	2801.3	6286.0	10849.8	4332.0	7966.6	2503.0	113.538
2017	13011.9	17073.7	2641.2	7881.7	7087.4	3084.4	6306.9	3030.0	115.214

(Sumber : Hasil analisis)

4.1.4 Analisa Hujan Rencana

a. Penentuan jenis distribusi probabilitas

Untuk menentukan metode pada uji distribusi probabilitas harus memenuhi persyaratan seperti di bawah ini. Data yang digunakan yaitu data curah hujan rerata maksimum.

Tabel 4. 14. Penentuan uji distribusi probabilitas Gumbel dan Normal pada data curah hujan

No.	Tahun	R	$(R - \bar{R})$	$(R - \bar{R})^2$	$(R - \bar{R})^3$	$(R - \bar{R})^4$
1	2004	118.32	14.58	212.48	3097.24	45147.44
2	2005	93.84	-9.90	98.04	-970.68	9610.99
3	2006	92.42	-11.32	128.07	-1449.27	16400.78
4	2007	88.81	-14.93	222.87	-3327.08	49668.94
5	2008	123.03	19.29	372.26	7182.38	138577.08
6	2009	90.35	-13.39	179.28	-2400.45	32140.86
7	2010	122.07	18.33	336.03	6159.78	112915.55
8	2011	87.48	-16.26	264.40	-4299.26	69907.77
9	2012	91.41	-12.33	151.97	-1873.42	23094.79
10	2013	92.22	-11.52	132.71	-1528.75	17610.85
11	2014	100.07	-3.66	13.43	-49.21	180.35
12	2015	123.57	19.83	393.30	7799.72	154681.65
13	2016	113.54	9.80	96.03	941.11	9222.65
14	2017	115.21	11.48	131.68	1511.10	17340.30
Jumlah		1452.34		2732.53	10793.21	696499.99
Rata-Rata		103.74				

(Sumber : Hasil analisis)

Tabel 4. 15. Penentuan uji distribusi probabilitas Log Normal dan Log Pearson Type III pada data curah hujan

No.	Tahun	R	log R	$(\log R - \log \bar{R})$	$(\log R - \log \bar{R})^2$	$(\log R - \log \bar{R})^3$	$(\log R - \log \bar{R})^4$
1	2004	118.32	2.07	0.06	0.0037	0.0002	0.0000
2	2005	93.84	1.97	-0.04	0.0016	-0.0001	0.0000
3	2006	92.42	1.97	-0.05	0.0021	-0.0001	0.0000
4	2007	88.81	1.95	-0.06	0.0040	-0.0003	0.0000
5	2008	123.03	2.09	0.08	0.0061	0.0005	0.0000
6	2009	90.35	1.96	-0.06	0.0032	-0.0002	0.0000
7	2010	122.07	2.09	0.07	0.0056	0.0004	0.0000
8	2011	87.48	1.94	-0.07	0.0049	-0.0003	0.0000
9	2012	91.41	1.96	-0.05	0.0026	-0.0001	0.0000
10	2013	92.22	1.96	-0.05	0.0022	-0.0001	0.0000
11	2014	100.07	2.00	-0.01	0.0001	0.0000	0.0000
12	2015	123.57	2.09	0.08	0.0064	0.0005	0.0000
13	2016	113.54	2.06	0.04	0.0019	0.0001	0.0000
14	2017	115.21	2.06	0.05	0.0024	0.0001	0.0000
Jumlah		1452.34	28.17		0.0468	0.0006	0.0002
Rata-Rata		103.74	2.01				

(Sumber : Hasil analisis)

Tabel 4. 16. Hasil penentuan uji distribusi probabilitas pada data curah hujan

Metode	Syarat		Hitungan	
	Cs	Ck	Cs	Ck
Gumbel	1.14	5.4	0.32	1.8
Normal	0	3	0	1.8
Log Normal	0.09	3.01	0.27	0.11
Log Pearson Type III	selain nilai diatas		0.27	0.11

(Sumber : Hasil analisis)

Dari hasil disimpulkan dalam uji distribusi probabilitas digunakan Metode Log Pearson Type III.

b. Distribusi Probabilitas Log Pearson Type III

Hasil perhitungan dari distribusi probabilitas Log Pearson Type III sebagai berikut.

Tabel 4. 17. Perhitungan untuk distribusi probabilitas Log Pearson Type III

No.	Tahun	R	log R	$\log R - \log \bar{R}$	$(\log R - \log \bar{R})^2$	$(\log R - \log \bar{R})^3$	$(\log R - \log \bar{R})^4$
1	2004	118.315	2.073	0.061	0.00372	0.000226795	0.000013831
2	2005	93.837	1.972	-0.040	0.00157	-0.000062486	0.000002480
3	2006	92.422	1.966	-0.046	0.00214	-0.000099139	0.000004588
4	2007	88.810	1.948	-0.064	0.00404	-0.000257212	0.000016358
5	2008	123.033	2.090	0.078	0.00608	0.000473874	0.000036945
6	2009	90.349	1.956	-0.056	0.00315	-0.000176877	0.000009929
7	2010	122.070	2.087	0.075	0.00556	0.000414333	0.000030889
8	2011	87.478	1.942	-0.070	0.00492	-0.000345324	0.000024227
9	2012	91.411	1.961	-0.051	0.00261	-0.000133113	0.000006797
10	2013	92.219	1.965	-0.047	0.00223	-0.000105409	0.000004979
11	2014	100.074	2.000	-0.012	0.00014	-0.000001617	0.000000019
12	2015	123.570	2.092	0.080	0.00638	0.000509251	0.000040667
13	2016	113.538	2.055	0.043	0.00186	0.000079979	0.000003446
14	2017	115.214	2.062	0.049	0.00245	0.000120901	0.000005978
Jumlah		1452.339	28.169	0.000	0.04684	0.000643957	0.000201132
Rata-rata		103.739	2.012				

(Sumber : Hasil analisis)

- Rata – rata curah hujan

$$\log R = \frac{\sum_{i=1}^n \log Ri}{n} = \frac{28.169}{14} = 2.012$$

- Standar deviasi

$$S \log R = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\log Ri - \log \bar{R})^2}{n - 1}} = \sqrt{\frac{0.04684}{14 - 1}} = 0.060$$

- Koefisien kemencengan

$$C_s = \frac{\sum_{i=1}^n (\log R - \log \bar{R})^3}{(n - 1) \times (n - 2) \times S^3} = \frac{0.000643957}{(14 - 1) \times (14 - 2) \times 0.060^3} = 0.267$$

- Variabel standar

Variabel standar (K) yang diperoleh dari hasil perhitungan interpolasi pada tabel di bawah dengan mencari nilai di antara 0.3 dan 0.2.

Tabel 4. 18. Variabel standar untuk penentuan hujan rencana

Tabel 4.10: Variabel standar untuk penentuan nilai rencana											
Cs	Periode Ulang (Tahun)										
	1.0101	1.1111	1.25	2	5	10	25	50	100	200	1000
K											
0.3	-2.104	-1.258	-0.853	-0.050	0.824	1.309	1.849	2.211	2.544	2.856	3.525
0.2	-2.175	-1.258	-0.850	-0.033	0.830	1.301	1.818	2.159	2.472	2.763	3.380

0.267	-2.127	-1.258	-0.852	-0.044	0.826	1.306	1.839	2.194	2.520	2.825	3.477
-------	--------	--------	--------	--------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

(Sumber : Hasil analisis)

▪ Hujan rencana

$$\log R_2 = \log \bar{R} + K \times S \log R = 2.012 + (-0.044) \times 0.060 = 2.009$$

$$R_2 = 10^{2.009} = 102.186 \text{ mm}$$

Tabel 4. 19. Hujan rencana dengan distribusi probabilitas Log Pearson Type III

Periode Ulang (Tahun)	K	$\log R_T$	R_T (mm)
2	-0.044	2.009	102.186
5	0.826	2.062	115.249
10	1.306	2.090	123.162
25	1.839	2.122	132.568
50	2.194	2.144	139.237
100	2.520	2.163	145.663
1000	3.477	2.221	166.264

(Sumber : Hasil analisis)

c. Uji kecocokan data

▪ Metode Chi-Kuadrat

i. Urutan data yang besar ke kecil

Tabel 4. 20. Urutan data curah hujan pada Metode Chi-Kuadrat

No.	R (mm)	R (mm) diurut
1	118.315	123.570
2	93.837	123.033
3	92.422	122.070
4	88.810	118.315
5	123.033	115.214
6	90.349	113.538
7	122.070	100.074
8	87.478	93.837
9	91.411	92.422
10	92.219	92.219
11	100.074	91.411
12	123.570	90.349
13	113.538	88.810
14	115.214	87.478

(Sumber : Hasil analisis)

- ii. Jumlah kelas
 Jumlah data = 14
 Kelas distribusi = $1 + 3.3 \log 14 = 4.782 \rightarrow 5$ kelas
- iii. Derajat kebebasan (Dk)
 $p = 2$
 $Dk = 5 - (2 + 1) = 2$
 $\alpha = 5\%$
 $\chi^2_{cr} = 5.991$
- iv. Kelas distribusi
 Kelas distribusi = $\frac{1}{5} \times 100\% = 20\%$
 Interval distribusi = 20%; 40%; 60%; dan 80%
 Persentase 20% $\rightarrow T = 5.00$ tahun
 Persentase 40% $\rightarrow T = 2.50$ tahun
 Persentase 60% $\rightarrow T = 1.67$ tahun
 Persentase 80% $\rightarrow T = 1.25$ tahun
- v. Interval kelas
 $\log R_{1.25} = \log \bar{R} + K \times S \log R = 2.012 + (-0.852) \times 0.060 = 1.961$
 $R_{1.25} = 10^{1.961} = 91.393 \text{ mm}$

Tabel 4. 21. Interval kelas data curah hujan pada Metode Chi-Kuadrat

T	K	$\log \bar{R}$	$S \log R$	$\log R_T$	R_T
1.25	-0.852	2.012	0.060	1.961	91.393
1.67	-0.403	2.012	0.060	1.988	97.240
2.50	0.101	2.012	0.060	2.018	104.255
5.00	0.826	2.012	0.060	2.062	115.249

(Sumber : Hasil analisis)

- vi. Nilai χ^2

Tabel 4. 22. Perhitungan Metode Chi-Kuadrat untuk data curah hujan

Kelas	Interval	Ei	Oi	$O_i - E_i$	$\frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$
1	X >	115.249	2.80	4	1.20
2	104.255 -	115.249	2.80	2	-0.80
3	97.240 -	104.255	2.80	1	-1.80
4	91.393 -	97.240	2.80	4	1.20
5	<	91.393	2.80	3	0.20
S		14.00	14		2.429

(Sumber : Hasil analisis)

vii. Rekapitulasi nilai χ^2 dan χ^2_{cr} Tabel 4. 23. Penentuan nilai χ^2 dan χ^2_{cr} Metode Chi-Kuadrat untuk data curah hujan

Distribusi Probabilitas	χ^2 terhitung	χ^2_{cr}	Keterangan
Log Pearson III	2.429	5.991	Diterima

(Sumber : Hasil analisis)

■ Metode Smirnov-Kolmogorof

1) Urutan data yang besar ke kecil

Tabel 4. 24. Urutan data curah hujan pada Metode Smirnov-Kolmogorof

No.	R (mm)	R (mm) diurut	log R
1	118.315	123.570	2.092
2	93.837	123.033	2.090
3	92.422	122.070	2.087
4	88.810	118.315	2.073
5	123.033	115.214	2.062
6	90.349	113.538	2.055
7	122.070	100.074	2.000
8	87.478	93.837	1.972
9	91.411	92.422	1.966
10	92.219	92.219	1.965
11	100.074	91.411	1.961
12	123.570	90.349	1.956
13	113.538	88.810	1.948
14	115.214	87.478	1.942

(Sumber : Hasil analisis)

2) Peluang empiris dan peluang teoritis

Tabel 4. 25. Penentuan peluang data curah hujan pada Metode Smirnov-Kolmogorof

No.	log R	P(Ri)	f(t)	P'(Ri)	ΔP
1	2.092	0.067	1.330	0.097	0.031
2	2.090	0.133	1.299	0.102	-0.032
3	2.087	0.200	1.242	0.113	-0.087
4	2.073	0.267	1.016	0.160	-0.106
5	2.062	0.333	0.824	0.201	-0.133
6	2.055	0.400	0.718	0.237	-0.163

No.	log R	P(Ri)	f(t)	P'(Ri)	ΔP
7	2.000	0.467	-0.196	0.556	0.089
8	1.972	0.533	-0.661	0.729	0.196
9	1.966	0.600	-0.771	0.770	0.170
10	1.965	0.667	-0.787	0.776	0.109
11	1.961	0.733	-0.851	0.799	0.066
12	1.956	0.800	-0.935	0.820	0.020
13	1.948	0.867	-1.059	0.851	-0.016
14	1.942	0.933	-1.169	0.878	-0.055

(Sumber : Hasil analisis)

- 3) Simpangan maksimum
ΔP maksimum = 0.196
- 4) Derajat kepercayaan
α = 5% → ΔP kritis = 0.354
- 5) Rekapitulasi ΔP maksimum dan ΔP kritis

Tabel 4. 26. Penentuan nilai ΔP Metode Smirnov-Kolmogorof untuk data curah hujan

Distribusi Probabilitas	ΔP maksimum	ΔP kritis	Keterangan
Log Pearson III	0.196	0.354	Diterima

(Sumber : Hasil analisis)

4.1.5 Intensitas Hujan Rencana

Intensitas hujan rencana diperoleh dari perhitungan Metode Mononobe. Perhitungan yang digunakan sebagai berikut.

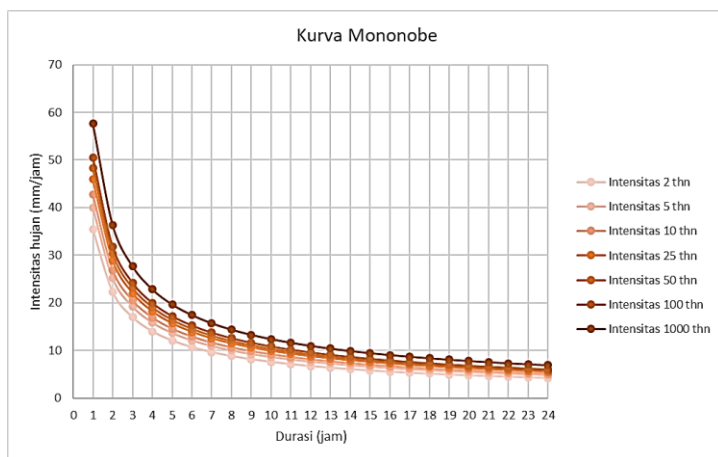
$$I_2 = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{t} \right)^{\frac{2}{3}} = \frac{102.186}{24} \left(\frac{24}{1} \right)^{\frac{2}{3}} = 35.426 \text{ mm}$$

Tabel 4. 27. Hasil perhitungan intensitas hujan rencana dengan Metode Mononobe

Durasi (jam)	Intensitas Hujan Rencana (mm/jam)						
	2 tahun	5 tahun	10 tahun	25 tahun	50 tahun	100 tahun	1000 tahun
1	35.426	39.955	42.698	45.959	48.271	50.499	57.641
2	22.317	25.170	26.898	28.952	30.409	31.812	36.311
3	17.031	19.208	20.527	22.095	23.206	24.277	27.711
4	14.059	15.856	16.945	18.239	19.156	20.040	22.875
5	12.115	13.664	14.602	15.718	16.508	17.270	19.713

Durasi (jam)	Intensitas Hujan Rencana (mm/jam)						
	2 tahun	5 tahun	10 tahun	25 tahun	50 tahun	100 tahun	1000 tahun
6	10.729	12.100	12.931	13.919	14.619	15.294	17.457
7	9.681	10.919	11.668	12.559	13.191	13.800	15.752
8	8.856	9.989	10.674	11.490	12.068	12.625	14.410
9	8.188	9.234	9.868	10.622	11.156	11.671	13.322
10	7.632	8.608	9.199	9.902	10.400	10.880	12.418
11	7.162	8.078	8.633	9.292	9.759	10.210	11.654
12	6.759	7.623	8.146	8.768	9.209	9.634	10.997
13	6.408	7.227	7.723	8.313	8.731	9.134	10.426
14	6.099	6.878	7.351	7.912	8.310	8.693	9.923
15	5.825	6.569	7.020	7.556	7.936	8.303	9.477
16	5.579	6.292	6.724	7.238	7.602	7.953	9.078
17	5.358	6.043	6.458	6.951	7.301	7.638	8.718
18	5.158	5.817	6.217	6.691	7.028	7.352	8.392
19	4.975	5.611	5.997	6.455	6.779	7.092	8.095
20	4.808	5.423	5.795	6.238	6.551	6.854	7.823
21	4.654	5.249	5.610	6.038	6.342	6.634	7.573
22	4.512	5.089	5.438	5.854	6.148	6.432	7.341
23	4.380	4.940	5.279	5.683	5.969	6.244	7.127
24	4.258	4.802	5.132	5.524	5.802	6.069	6.928

(Sumber : Hasil analisis)

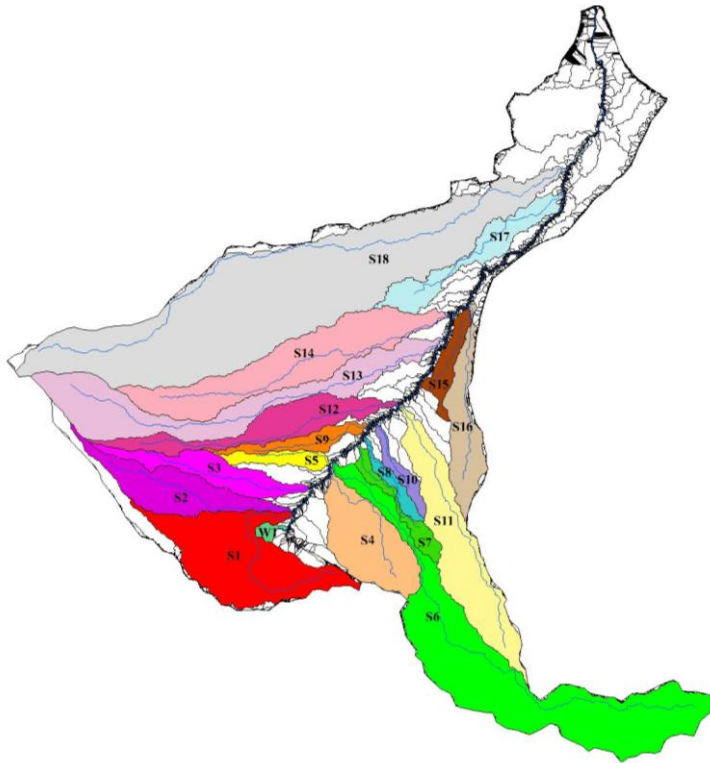


Gambar 4.10. Grafik intensitas hujan rencana Metode Mononobe

(Sumber : Hasil analisis)

4.1.6 Pembagian DAS ke Sub DAS

Berdasarkan analisa pembagian DAS Welang menjadi beberapa sub DAS dengan program ArcGIS, didapatkan sebanyak 19 sub DAS sebagai berikut.



Gambar 4.11. Pembagian DAS Welang menjadi 19 sub DAS
(Sumber : Hasil analisis)

Setelah diketahui batas-batas sub DAS maka akan diketahui luas area sub DAS dan panjang sungainya. Dua hal ini akan digunakan untuk perhitungan debit rencana.

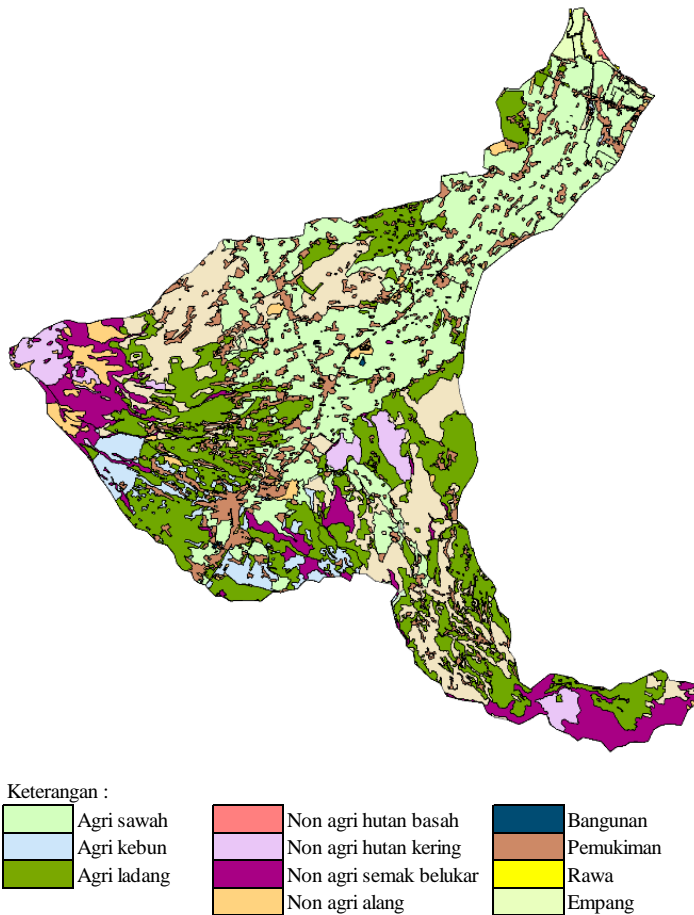
Tabel 4. 28. Daftar pembagian Sub DAS

Nama	Panjang km	Area km ²
W1	1.765	1.013
S1	13.097	32.114
S2	12.080	16.302
S3	10.390	11.209
S4	8.804	19.412
S5	4.727	4.111
S6	30.976	60.634
S7	6.823	4.650
S8	4.506	2.800
S9	7.447	5.312
S10	4.307	3.113
S11	16.270	26.899
S12	15.567	16.671
S13	24.836	33.230
S14	18.831	33.206
S15	5.249	5.074
S16	10.674	12.564
S17	11.790	12.533
S18	36.210	107.526

(Sumber : Hasil analisis)

4.1.7 Koefisien Pengaliran

Koefisien pengaliran yang digunakan untuk perhitungan debit rencana yaitu rata-rata koefisien pengaliran jenis daerah DAS Welang. Data yang digunakan untuk perhitungan ini yaitu data penggunaan lahan tahun 2011 yang meliputi Kabupaten Pasuruan, Kota Pasuruan, Kabupaten Malang, dan Kota Batu. Perhitungan koefisien pengaliran sebagai berikut.



Gambar 4.12. Peta tata guna lahan DAS Welang
(Sumber : tanahair.indonesia.go.id)

Tabel 4. 29. Koefisien pengaliran DAS Welang

Tata Guna Lahan	Luas (km ²)	C	Luas × C
Agri Kebun	105.682	0.50	52.841
Agri Ladang	129.098	0.50	64.549
Agri Sawah	152.007	0.50	76.003
Bangunan	0.500	0.70	0.350
Non Agri Alang	13.038	0.45	5.867
Non Agri Hutan Basah	0.503	0.40	0.201

Tata Guna Lahan	Luas (km ²)	C	Luas × C
Non Agri Hutan Kering	17.332	0.40	6.933
Non Agri Semak Belukar	39.196	0.45	17.638
Pemukiman	59.058	0.60	35.435
Rawa	0.255	0.30	0.076
Empang	5.118	0.30	1.536
Jumlah	521.788		261.430
Rata-rata	0.501		

(Sumber : Hasil analisis)

4.1.8 Analisa Debit Rencana

a. Distribusi Curah Hujan Jam-Jaman dan Curah Hujan Efektif

1) Perhitungan rata-rata hujan pada jam ke-t

- $R_t = \frac{R_{24}}{24} \times \left(\frac{24}{t}\right)^{\frac{2}{3}} = \frac{R_{24}}{24} \times \left(\frac{24}{2}\right)^{\frac{2}{3}} = 0.218R_{24}$
- $t R_t = t \times R_t = 2 \times 0.218R_{24} = 0.437R_{24}$
- $(t-1).R_{(t-1)} = (2-1) \times 0.347 = 0.347$
- $t R_t - ((t-1).R_{(t-1)}) = 0.437 - 0.347 = 0.090$

Tabel 4. 30. Rata-rata hujan pada jam ke-t

t (jam)	Rt (mm)	t Rt	(t-1).R(t-1)	R't (mm)
1	0.347	0.347	0	0.347
2	0.218	0.437	0.347	0.090
3	0.167	0.500	0.437	0.063
4	0.138	0.550	0.500	0.050
5	0.119	0.593	0.550	0.042
6	0.105	0.630	0.593	0.037
7	0.095	0.663	0.630	0.033
8	0.087	0.693	0.663	0.030
9	0.080	0.721	0.693	0.028
10	0.075	0.747	0.721	0.026
11	0.070	0.771	0.747	0.024
12	0.066	0.794	0.771	0.023
13	0.063	0.815	0.794	0.021
14	0.060	0.836	0.815	0.020
15	0.057	0.855	0.836	0.019
16	0.055	0.874	0.855	0.019
17	0.052	0.891	0.874	0.018
18	0.050	0.909	0.891	0.017
19	0.049	0.925	0.909	0.017

t (jam)	Rt (mm)	t Rt	(t-1).R(t-1)	R't (mm)
20	0.047	0.941	0.925	0.016
21	0.046	0.956	0.941	0.015
22	0.044	0.971	0.956	0.015
23	0.043	0.986	0.971	0.015
24	0.042	1.000	0.986	0.014

(Sumber : Hasil analisis)

2) Perhitungan tinggi curah hujan efektif

$$Re = C \times RT = 102.186 \times 0.501 = 51.198 \text{ mm}$$

Tabel 4. 31. Tinggi curah hujan efektif dengan periode ulang

Periode Ulang (Tahun)	RT (mm)	C	Re (mm)
2	102.186	0.501	51.198
5	115.249	0.501	57.743
10	123.162	0.501	61.707
25	132.568	0.501	66.420
50	139.237	0.501	69.762
100	145.663	0.501	72.981
1000	166.264	0.501	83.303

(Sumber : Hasil analisis)

3) Perhitungan distribusi curah hujan jam-jam an

$$R_{2th} = R't \times Re = 0.347 \times 0.51.198 = 17.749 \text{ mm}$$

Tabel 4. 32. Distribusi curah hujan jam-jam an

Waktu hujan (jam)	Rasio (R't) (%)	Hujan jam-jam an						
		2 th	5 th	10 th	25 th	50 th	100 th	1000 th
1	0.347	17.749	20.018	21.393	23.027	24.185	25.301	28.880
2	0.090	4.613	5.203	5.560	5.985	6.286	6.576	7.506
3	0.063	3.236	3.650	3.901	4.198	4.410	4.613	5.266
4	0.050	2.576	2.906	3.105	3.342	3.510	3.673	4.192
5	0.042	2.176	2.454	2.622	2.822	2.964	3.101	3.540
6	0.037	1.902	2.145	2.292	2.467	2.591	2.711	3.094
7	0.033	1.701	1.918	2.050	2.206	2.317	2.424	2.767
8	0.030	1.545	1.743	1.863	2.005	2.106	2.203	2.515
9	0.028	1.421	1.603	1.713	1.844	1.937	2.026	2.313
10	0.026	1.320	1.488	1.591	1.712	1.798	1.881	2.147
11	0.024	1.234	1.392	1.488	1.601	1.682	1.760	2.008
12	0.023	1.162	1.310	1.400	1.507	1.583	1.656	1.890
13	0.021	1.099	1.239	1.324	1.425	1.497	1.566	1.788
14	0.020	1.044	1.177	1.258	1.354	1.422	1.488	1.698
15	0.019	0.995	1.122	1.199	1.291	1.356	1.419	1.619

Waktu hujan (jam)	Rasio (R't) (%)	Hujan jam-jam an						
		2 th	5 th	10 th	25 th	50 th	100 th	1000 th
16	0.019	0.952	1.074	1.147	1.235	1.297	1.357	1.549
17	0.018	0.913	1.030	1.100	1.184	1.244	1.301	1.486
18	0.017	0.878	0.990	1.058	1.139	1.196	1.251	1.428
19	0.017	0.846	0.954	1.020	1.097	1.153	1.206	1.376
20	0.016	0.817	0.921	0.984	1.060	1.113	1.164	1.329
21	0.015	0.790	0.891	0.952	1.025	1.076	1.126	1.285
22	0.015	0.765	0.863	0.922	0.993	1.043	1.091	1.245
23	0.015	0.742	0.837	0.895	0.963	1.012	1.058	1.208
24	0.014	0.721	0.813	0.869	0.936	0.983	1.028	1.173

(Sumber : Hasil analisis)

b. Metode Hidrograf Satian Sintetis Nakayasu

Pada studi kasus ini, debit rencana yang digunakan yaitu periode ulang 25 tahun. Semua sub DAS dan DAS Welang dihitung menggunakan Metode HSS Nakayasu. Contoh perhitungan debit rencana untuk sub DAS Sungai 1 (S1) sebagai berikut.

- $tg = 0.21 \times L^{0.7} = 0.21 \times 13.097^{0.7} = 1.271 \text{ jam}$
- $Tr = 0.75 \times tg = 0.75 \times 1.271 = 0.953 \text{ jam}$
- $Tp = tg + 0.8 Tr = 1.271 + 0.8 \times 0.953 = 2.034 \text{ jam}$
- $T_{0.3} = \alpha \times tg = 2 \times 1.271 = 2.543 \text{ jam}$
- $Qp = \frac{1}{3.6} \times \left(\frac{A \times Ro}{0.3 Tp + T_{0.3}} \right) = \frac{1}{3.6} \times \left(\frac{32.114 \times 1}{0.3 \times 2.034 + 2.543} \right) = 2.829 \text{ m}^3/\text{det}/\text{mm}$

Tabel 4. 33. Perhitungan debit puncak dengan Metode HSS Nakayasu

NAMA	L km	A km ²	α	Ro mm	Tg jam	Tr jam	T0.8 jam	Tp jam	T0.3 jam	Tp + T0.3 jam	Tp + T0.3+1.5T0.3 jam	Qp (m ³ /det/mm)
Welang	42.569	521.788	2	1	2.869	2.152	1.721	4.590	5.738	10.328	18.935	20.371
W1	1.765	1.013	2	1	0.313	0.234	0.188	0.500	0.625	1.125	2.063	0.363
Sungai 1	13.097	32.114	2	1	1.271	0.953	0.763	2.034	2.543	4.577	8.391	2.829
Sungai 2	12.080	16.302	2	1	1.201	0.901	0.721	1.922	2.403	4.325	7.929	1.520
Sungai 3	10.390	11.209	2	1	1.081	0.811	0.649	1.730	2.162	3.892	7.135	1.161
Sungai 4	8.804	19.412	2	1	0.963	0.722	0.578	1.540	1.925	3.466	6.354	2.259
Sungai 5	4.727	4.111	2	1	0.623	0.467	0.374	0.997	1.246	2.242	4.111	0.739
Sungai 6	30.976	60.634	2	1	2.197	1.647	1.318	3.515	4.393	7.908	14.498	3.092
Sungai 7	6.823	4.650	2	1	0.805	0.604	0.483	1.289	1.611	2.900	5.316	0.647
Sungai 8	4.506	2.800	2	1	0.602	0.452	0.361	0.964	1.205	2.169	3.976	0.521
Sungai 9	7.447	5.312	2	1	0.856	0.642	0.514	1.370	1.712	3.082	5.651	0.695
Sungai 10	4.307	3.113	2	1	0.584	0.438	0.350	0.934	1.167	2.101	3.852	0.598
Sungai 11	16.270	26.899	2	1	1.344	1.008	0.806	2.150	2.687	4.837	8.868	2.242
Sungai 12	15.567	16.671	2	1	1.303	0.977	0.782	2.085	2.606	4.690	8.599	1.433
Sungai 13	24.836	33.230	2	1	1.840	1.380	1.104	2.945	3.681	6.626	12.147	2.022
Sungai 14	18.831	33.206	2	1	1.492	1.119	0.895	2.388	2.984	5.372	9.849	2.492
Sungai 15	5.249	5.074	2	1	0.670	0.503	0.402	1.072	1.341	2.413	4.424	0.848
Sungai 16	10.674	12.564	2	1	1.102	0.826	0.661	1.763	2.203	3.966	7.271	1.277
Sungai 17	11.790	12.533	2	1	1.181	0.886	0.709	1.890	2.362	4.252	7.795	1.189
Sungai 18	36.210	107.526	2	1	2.500	1.875	1.500	4.000	5.000	9.001	16.501	4.817

(Sumber : Hasil analisis)

Persamaan hidrograf satuan untuk Sungai 1 pada waktu jam 1 sebagai berikut.

- 1) Untuk lengkung turun naik, $0 < t < T_p$

$$Qt = Qp \left(\frac{t}{T_p} \right)^{2.4} = 2.829 \times \left(\frac{2.034}{2.034} \right)^{2.4} = 2.829 \text{ m}^3/\text{det}/\text{mm}$$

- 2) Untuk lengkung turun tahap I, $T_p < t < T_p + T_{0.3}$

$$Qt = Qp 0.3^{\frac{t-T_p}{T_{0.3}}} = 2.829 \times 0.3^{\frac{4.577-2.034}{2.543}} = 0.849 \text{ m}^3/\text{det}/\text{mm}$$

- 3) Untuk lengkung turun tahap II, $T_p + T_{0.3} < t < T_p + T_{0.3} + 1.5 T_{0.3}$

$$Qt = Qp \times 0.3^{\frac{(t-T_p)+(0.5 T_{0.3})}{1.5 T_{0.3}}} = 2.829 \times 0.3^{\frac{(8.391-2.034)+(0.5 \times 2.543)}{1.5 \times 2.543}} = 0.255 \text{ m}^3/\text{det}/\text{mm}$$

- 4) Untuk lengkung turun tahap III, $t > T_p + T_{0.3} + 2 T_{0.3}$

$$Qt = Qp \times 0.3^{\frac{(t-T_p)+(1.5 T_{0.3})}{2 T_{0.3}}} = 2.829 \times 0.3^{\frac{(24-2.034)+(1.5 \times 2.543)}{2 \times 2.543}} = 0.006323 \text{ m}^3/\text{det}/\text{mm}$$

Tabel 4. 34. Perhitungan hidrograf satuan pada waktu maksimum kurva

Nama Das	Kurva Naik	Kurva Turun 1	Kurva Turun 2	Kurva Turun 3
Welang	20.371	6.111	1.833	1.077698
W1	0.363	0.109	0.033	0.000000
Sungai 1	2.829	0.849	0.255	0.006323
Sungai 2	1.520	0.456	0.137	0.002440
Sungai 3	1.161	0.348	0.105	0.000955
Sungai 4	2.259	0.678	0.203	0.000817
Sungai 5	0.739	0.222	0.067	0.000004
Sungai 6	3.092	0.928	0.278	0.075679
Sungai 7	0.647	0.194	0.058	0.000054
Sungai 8	0.521	0.156	0.047	0.000002
Sungai 9	0.695	0.208	0.063	0.000099
Sungai 10	0.598	0.179	0.054	0.000002
Sungai 11	2.242	0.673	0.202	0.006805
Sungai 12	1.433	0.430	0.129	0.003676
Sungai 13	2.022	0.607	0.182	0.026198
Sungai 14	2.492	0.748	0.224	0.012918
Sungai 15	0.848	0.254	0.076	0.000012
Sungai 16	1.277	0.383	0.115	0.001190
Sungai 17	1.189	0.357	0.107	0.001721
Sungai 18	4.817	1.445	0.434	0.175779

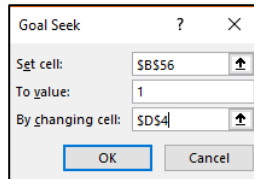
(Sumber : Hasil analisis)

Tabel 4. 35. Perhitungan untuk grafik Metode HSS Nakayasu sebelum terkoreksi

JAM	WELANG	W1	Sungai 1	Sungai 2	Sungai 3	Sungai 4	Sungai 5	Sungai 6	Sungai 7	Sungai 8	Sungai 9	Sungai 10	Sungai 11	Sungai 12	Sungai 13	Sungai 14	Sungai 15	Sungai 16	Sungai 17	Sungai 18
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0.525	0.139	0.515	0.317	0.312	0.801	0.737	0.151	0.352	0.502	0.326	0.558	0.357	0.246	0.151	0.309	0.717	0.328	0.258	0.173
2	2.774	0.035	2.717	1.462	0.999	1.694	0.280	0.799	0.380	0.185	0.446	0.199	1.885	1.297	0.799	1.629	0.369	1.122	1.124	0.913
3	7.339	0.013	1.791	0.886	0.572	0.907	0.136	2.114	0.185	0.090	0.221	0.097	1.532	0.939	1.986	1.947	0.179	0.650	0.675	2.415
4	14.639	0.005	1.115	0.537	0.335	0.542	0.071	2.707	0.112	0.046	0.136	0.050	0.979	0.591	1.432	1.301	0.098	0.378	0.405	4.816
5	18.693	0.002	0.743	0.364	0.231	0.357	0.043	2.058	0.068	0.028	0.085	0.030	0.641	0.391	1.033	0.869	0.059	0.263	0.277	3.787
6	15.155	0.001	0.542	0.261	0.159	0.236	0.027	1.565	0.045	0.017	0.055	0.018	0.475	0.287	0.744	0.632	0.038	0.183	0.197	2.976
7	12.287	0.000	0.395	0.187	0.110	0.166	0.016	1.190	0.031	0.010	0.039	0.011	0.353	0.211	0.559	0.483	0.024	0.127	0.140	2.339
8	9.961	0.000	0.288	0.134	0.082	0.121	0.010	0.912	0.021	0.006	0.027	0.006	0.262	0.155	0.450	0.369	0.015	0.094	0.102	1.839
9	8.076	0.000	0.220	0.105	0.062	0.089	0.006	0.760	0.015	0.004	0.019	0.004	0.196	0.118	0.362	0.282	0.010	0.072	0.079	1.445
10	6.547	0.000	0.174	0.081	0.047	0.065	0.004	0.633	0.010	0.002	0.014	0.002	0.157	0.093	0.291	0.218	0.006	0.055	0.061	1.231
11	5.563	0.000	0.137	0.063	0.036	0.048	0.002	0.527	0.007	0.001	0.010	0.001	0.125	0.074	0.234	0.178	0.004	0.042	0.047	1.048
12	4.837	0.000	0.108	0.049	0.027	0.035	0.001	0.439	0.005	0.001	0.007	0.001	0.100	0.059	0.188	0.145	0.003	0.032	0.037	0.893
13	4.206	0.000	0.086	0.038	0.020	0.025	0.001	0.366	0.003	0.001	0.005	0.000	0.080	0.047	0.158	0.119	0.002	0.024	0.028	0.761
14	3.657	0.000	0.067	0.030	0.015	0.019	0.001	0.305	0.002	0.000	0.003	0.000	0.064	0.037	0.134	0.097	0.001	0.018	0.022	0.648
15	3.179	0.000	0.053	0.023	0.012	0.014	0.000	0.260	0.002	0.000	0.002	0.000	0.051	0.029	0.114	0.079	0.001	0.014	0.017	0.552
16	2.764	0.000	0.042	0.018	0.009	0.010	0.000	0.226	0.001	0.000	0.002	0.000	0.041	0.023	0.097	0.065	0.000	0.011	0.013	0.470
17	2.403	0.000	0.033	0.014	0.007	0.007	0.000	0.197	0.001	0.000	0.001	0.000	0.033	0.019	0.082	0.053	0.000	0.008	0.010	0.408
18	2.090	0.000	0.026	0.011	0.005	0.005	0.000	0.172	0.001	0.000	0.001	0.000	0.026	0.015	0.070	0.043	0.000	0.006	0.008	0.362
19	1.821	0.000	0.021	0.009	0.004	0.004	0.000	0.150	0.000	0.000	0.001	0.000	0.021	0.012	0.059	0.035	0.000	0.005	0.006	0.321
20	1.640	0.000	0.016	0.007	0.003	0.003	0.000	0.131	0.000	0.000	0.000	0.000	0.017	0.009	0.050	0.029	0.000	0.004	0.005	0.285
21	1.476	0.000	0.013	0.005	0.002	0.002	0.000	0.114	0.000	0.000	0.000	0.000	0.013	0.007	0.043	0.024	0.000	0.003	0.004	0.252
22	1.329	0.000	0.010	0.004	0.002	0.002	0.000	0.100	0.000	0.000	0.000	0.000	0.011	0.006	0.036	0.019	0.000	0.002	0.003	0.224
23	1.197	0.000	0.008	0.003	0.001	0.001	0.000	0.087	0.000	0.000	0.000	0.000	0.009	0.005	0.031	0.016	0.000	0.002	0.002	0.198
24	1.078	0.000	0.006	0.002	0.001	0.001	0.000	0.076	0.000	0.000	0.000	0.000	0.007	0.004	0.026	0.013	0.000	0.001	0.002	0.176
Total	133.237	0.196	9.127	4.610	3.053	5.153	1.338	16.038	1.241	0.894	1.400	0.977	7.433	4.674	9.130	8.952	1.526	3.441	3.521	28.531
Volume (m³)	479651	704	32858	16595	10991	18552	4815	57738	4468	3220	5941	3518	26757	16825	32869	32229	5493	12386	12675	102711
Luas DAS (m²)	5.22E+08	1.01E+06	3.21E+07	1.63E+07	1.12E+07	1.94E+07	4.11E+06	6.06E+07	4.65E+06	2.80E+06	5.31E+06	3.11E+06	2.69E+07	1.67E+07	3.32E+07	3.32E+07	5.07E+06	1.26E+07	1.25E+07	1.08E+08
Faktor koreksi (m)	0.00092	0.00069	0.00102	0.00102	0.00098	0.00096	0.00117	0.00095	0.00096	0.00115	0.00095	0.00113	0.00099	0.00101	0.00099	0.00097	0.00108	0.00099	0.00101	0.00096
Faktor koreksi (mm)	0.919	0.695	1.023	1.018	0.981	0.956	1.171	0.952	0.961	1.150	0.949	1.130	0.995	1.009	0.989	0.971	1.082	0.986	1.011	0.955

(Sumber : Hasil analisis)

Untuk mencapai nilai faktor koreksi adalah 1, maka parameter yang akan diubah yaitu nilai α (koefisien karakteristik DAS) dengan menggunakan *Goal Seek* pada Program Excel.



Gambar 4. 13. Tampilan *Goal Seek* pada Program Excel
(Sumber : Program Excel)

Pada *Set cell* dipilih kolom faktor koreksi. Kemudian pada *To value* diisikan angka 1. Untuk *By changing cell* dipilih kolom parameter α (koefisien pengaliran). Menurut Nugroho Hadisusanto (2010), nilai α didapat antara 1.5 (bagian naik hidrograf yang lambat dan bagian menurun yang cepat), 2 (daerah aliran biasa), sampai dengan 3 (bagian naik hidrograf yang cepat dan bagian menurun yang lambat). Cara ini akan digunakan untuk semua sub DAS yang sedang diamati.

Tabel 4. 36. Perhitungan debit puncak dengan Metode HSS Nakayasu setelah koreksi

NAMA	L km	A km ²	α	Ro mm	Tg jam	Tr jam	T0.8 jam	Tp jam	T0.3 jam	Tp + T0.3 jam	Tp + T0.3+1.5T0.3 jam	Qp (m ³ /det/mm)
Welang	42.569	521.788	1.5	1	2.869	2.257	1.805	4.674	4.304	8.978	15.435	25.402
W1	1.765	1.013	2.5	1	0.313	0.556	0.444	0.757	0.781	1.539	2.711	0.279
Sungai 1	13.097	32.114	2.6	1	1.271	0.998	0.798	2.069	3.331	5.400	10.396	2.257
Sungai 2	12.080	16.302	3.0	1	1.201	0.950	0.760	1.962	3.604	5.566	10.972	1.080
Sungai 3	10.390	11.209	1.9	1	1.081	0.941	0.753	1.834	2.104	3.938	7.093	1.173
Sungai 4	8.804	19.412	2.7	1	0.963	1.104	0.883	1.846	2.620	4.466	8.396	1.699
Sungai 5	4.727	4.111	3.0	1	0.623	0.156	0.125	0.748	1.869	2.616	5.419	0.546
Sungai 6	30.976	60.634	2.5	1	2.197	3.163	2.531	4.727	5.492	10.219	18.456	2.438
Sungai 7	6.823	4.650	2.0	1	0.805	0.464	0.371	1.177	1.648	2.824	5.296	0.646
Sungai 8	4.506	2.800	3.0	1	0.602	0.199	0.159	0.761	1.807	2.569	5.279	0.382
Sungai 9	7.447	5.312	1.5	1	0.856	0.411	0.329	1.185	1.284	2.469	4.396	0.900
Sungai 10	4.307	3.113	2.9	1	0.584	0.205	0.164	0.748	1.669	2.416	4.919	0.457
Sungai 11	16.270	26.899	1.6	1	1.344	1.008	0.806	2.150	2.192	4.341	7.629	2.634
Sungai 12	15.567	16.671	2.4	1	1.303	0.977	0.782	2.085	3.179	5.263	10.031	1.217
Sungai 13	24.836	33.230	1.5	1	1.840	1.394	1.115	2.956	2.761	5.717	9.858	2.531
Sungai 14	18.831	33.206	1.9	1	1.492	0.760	0.608	2.100	2.868	4.969	9.272	2.636
Sungai 15	5.249	5.074	2.8	1	0.670	0.618	0.495	1.165	1.858	3.023	5.810	0.639
Sungai 16	10.674	12.564	3.0	1	1.102	1.061	0.849	1.951	3.305	5.256	10.213	0.897
Sungai 17	11.790	12.533	2.5	1	1.181	1.119	0.896	2.077	2.912	4.989	9.357	0.985
Sungai 18	36.210	107.526	1.7	1	2.500	2.264	1.812	4.312	4.250	8.562	14.937	5.388

(Sumber : Hasil analisis)

Tabel 4. 37. Perhitungan unit hidrograf untuk grafik Metode HSS Nakayasu setelah terkoreksi

JAM	WELANG	W1	Sungai 1	Sungai 2	Sungai 3	Sungai 4	Sungai 5	Sungai 6	Sungai 7	Sungai 8	Sungai 9	Sungai 10	Sungai 11	Sungai 12	Sungai 13	Sungai 14	Sungai 15	Sungai 16	Sungai 17	Sungai 18
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0.627	0.192	0.394	0.214	0.274	0.390	0.464	0.059	0.437	0.326	0.599	0.381	0.420	0.209	0.188	0.444	0.443	0.180	0.170	0.162
2	3.311	0.082	2.080	1.066	1.067	1.583	0.243	0.309	0.354	0.167	0.419	0.185	2.215	1.102	0.991	2.344	0.372	0.881	0.900	0.853
3	8.762	0.020	1.613	0.764	0.602	1.000	0.139	0.818	0.178	0.095	0.194	0.104	1.651	0.861	2.482	1.807	0.194	0.612	0.672	2.256
4	17.477	0.009	1.123	0.547	0.344	0.631	0.090	2.859	0.109	0.061	0.104	0.064	0.953	0.589	1.605	1.188	0.126	0.425	0.445	5.885
5	23.191	0.004	0.783	0.391	0.235	0.433	0.059	2.296	0.067	0.039	0.061	0.040	0.621	0.403	1.038	0.784	0.082	0.295	0.295	4.433
6	17.531	0.002	0.586	0.294	0.160	0.319	0.041	1.844	0.045	0.027	0.038	0.028	0.430	0.303	0.699	0.593	0.054	0.225	0.224	3.340
7	13.253	0.001	0.461	0.235	0.109	0.235	0.030	1.481	0.031	0.019	0.024	0.019	0.298	0.236	0.523	0.448	0.039	0.176	0.170	2.516
8	10.019	0.000	0.362	0.188	0.081	0.173	0.021	1.189	0.022	0.014	0.015	0.014	0.214	0.183	0.391	0.339	0.028	0.138	0.129	1.895
9	7.589	0.000	0.284	0.151	0.061	0.133	0.015	0.955	0.015	0.010	0.009	0.009	0.163	0.142	0.292	0.256	0.020	0.108	0.098	1.488
10	6.298	0.000	0.224	0.121	0.046	0.106	0.011	0.767	0.010	0.007	0.006	0.007	0.124	0.110	0.221	0.204	0.015	0.085	0.078	1.232
11	5.226	0.000	0.182	0.097	0.035	0.084	0.008	0.652	0.007	0.005	0.004	0.005	0.094	0.091	0.178	0.165	0.011	0.070	0.063	1.020
12	4.337	0.000	0.152	0.082	0.026	0.067	0.006	0.564	0.005	0.004	0.002	0.003	0.071	0.075	0.143	0.134	0.008	0.058	0.051	0.844
13	3.599	0.000	0.127	0.069	0.019	0.053	0.004	0.487	0.003	0.003	0.001	0.002	0.054	0.062	0.115	0.109	0.006	0.049	0.042	0.699
14	2.987	0.000	0.106	0.059	0.015	0.042	0.003	0.421	0.002	0.002	0.001	0.002	0.041	0.052	0.092	0.088	0.004	0.041	0.034	0.579
15	2.479	0.000	0.088	0.050	0.011	0.034	0.002	0.364	0.002	0.001	0.001	0.001	0.031	0.043	0.074	0.071	0.003	0.034	0.028	0.481
16	2.112	0.000	0.074	0.042	0.008	0.027	0.002	0.314	0.001	0.001	0.000	0.001	0.024	0.035	0.060	0.058	0.002	0.028	0.022	0.417
17	1.836	0.000	0.062	0.036	0.006	0.021	0.001	0.271	0.001	0.001	0.000	0.001	0.018	0.029	0.048	0.047	0.002	0.023	0.018	0.362
18	1.597	0.000	0.051	0.030	0.005	0.017	0.001	0.235	0.001	0.000	0.000	0.000	0.014	0.024	0.039	0.038	0.001	0.020	0.015	0.314
19	1.388	0.000	0.043	0.025	0.003	0.013	0.001	0.207	0.000	0.000	0.000	0.000	0.010	0.020	0.031	0.031	0.001	0.016	0.012	0.273
20	1.207	0.000	0.036	0.022	0.003	0.011	0.000	0.185	0.000	0.000	0.000	0.000	0.008	0.017	0.025	0.025	0.001	0.014	0.010	0.237
21	1.049	0.000	0.030	0.018	0.002	0.008	0.000	0.166	0.000	0.000	0.000	0.000	0.006	0.014	0.020	0.020	0.000	0.011	0.008	0.205
22	0.912	0.000	0.025	0.015	0.001	0.007	0.000	0.149	0.000	0.000	0.000	0.000	0.005	0.011	0.016	0.016	0.000	0.009	0.006	0.178
23	0.793	0.000	0.021	0.013	0.001	0.005	0.000	0.133	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003	0.009	0.013	0.013	0.000	0.008	0.005	0.155
24	0.690	0.000	0.017	0.011	0.001	0.004	0.000	0.119	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003	0.008	0.010	0.011	0.000	0.007	0.004	0.134
Total	138.272	0.281	8.923	4.540	3.115	5.395	1.143	16.845	1.292	0.783	1.478	0.865	7.472	4.630	9.293	9.232	1.411	3.514	3.498	29.958
Volume (m³)	49779	1013	32124	16345	11215	19421	4113	60642	4650	2818	5322	3115	26898	16667	33455	33236	5078	12651	12594	107848
Luas DAS (m²)	5.22E+08	1.01E+06	3.21E+07	1.63E+07	1.12E+07	1.94E+07	4.11E+06	6.06E+07	4.65E+06	2.80E+06	5.31E+06	3.11E+06	2.69E+07	1.67E+07	3.32E+07	3.32E+07	5.07E+06	1.26E+07	1.25E+07	1.08E+08
Faktor koreksi (m)	0.00095	0.00100	0.00100	0.00100	0.00100	0.00100	0.00100	0.00100	0.00100	0.00101	0.00100	0.00100	0.00100	0.00100	0.00101	0.00100	0.00100	0.00101	0.00100	0.00100
Faktor koreksi (mm)	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0

(Sumber : Hasil analisis)

Setelah perhitungan unit hidrograf untuk semua sub DAS Welang, maka unit hidrograf tersebut dikalikan dengan distribusi hujan jam-jam an sesuai dengan waktu yang ditentukan. Setelah hasil perkalian tersebut dijumlahkan yang akan menghasilkan nilai debit rencana total pada waktu tertentu. Perhitungan debit rencana total sebagai berikut.

$$Qt_{jam\ 2} = 0.052\ m^3/det/mm\ (sub\ DAS\ W1)$$

$$R_{25th} = 23.027\ mm\ (jam\ ke - 1)$$

$$R_{25th} = 5.985\ mm\ (jam\ ke - 2)$$

$$Qt_{jam\ 2} \times R_{25th} = 0.052 \times 23.027 = 1.200\ m^3/det$$

$$Qt_{jam\ 2} \times R_{25th} = 0.052 \times 5.985 = 0.312\ m^3/det$$

$$Qtot_{jam\ 2} = (Qt_2 \times R_1) + (Qt_2 \times R_2) = 1.200 + 0.312 = 1.512\ m^3/det$$

Tabel 4. 38. Perhitungan hidrograf banjir rencana Q25 sub DAS W1

t	Qt	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	R11	R12	R13	R14	R15	R16	R17	R18	R19	R20	R21	R22	R23	R24	Q tot
		23.027	5.985	4.198	3.342	2.822	2.467	2.206	2.005	1.844	1.712	1.601	1.507	1.425	1.354	1.291	1.235	1.184	1.139	1.097	1.060	1.025	0.993	0.963	0.936	
0	0	0																								0
1	0.192	4.419	0																							4.419
2	0.052	1.200	0.312	0																						1.512
3	0.020	0.463	0.120	0.084	0																					0.667
4	0.009	0.214	0.056	0.039	0.031	0																				0.340
5	0.004	0.099	0.026	0.018	0.014	0.012	0																			0.170
6	0.002	0.046	0.012	0.008	0.007	0.006	0.005	0																		0.083
7	0.001	0.021	0.006	0.004	0.003	0.003	0.002	0.002	0																	0.041
8	0.000	0.010	0.003	0.002	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0																0.020
9	0.000	0.005	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0															0.009
10	0.000	0.002	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0														0.005
11	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0													0.002
12	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0												0.001
13	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0											0.000
14	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0										0.000
15	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0									0.000
16	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0								0.000
17	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0							0.000
18	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0						0.000
19	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0					0.000
20	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0				0.000
21	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0			0.000
22	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0		0.000
23	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0	0.000
24	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

(Sumber : Hasil analisis)

Tabel 4. 39. Perhitungan hidrograf banjir rencana Q25 sub DAS S1

t	Qt	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	R11	R12	R13	R14	R15	R16	R17	R18	R19	R20	R21	R22	R23	R24	Q tot
		23.027	5.985	4.198	3.342	2.822	2.467	2.206	2.005	1.844	1.712	1.601	1.507	1.425	1.354	1.291	1.235	1.184	1.139	1.097	1.060	1.025	0.993	0.963	0.936	
0	0	0																								0
1	0.394	9.074	0																							9.074
2	2.080	47.895	12.449	0																						60.343
3	1.613	37.133	9.652	6.770	0																					53.555
4	1.123	25.869	6.724	4.717	3.755	0																				41.064
5	0.783	18.022	4.684	3.286	2.616	2.209	0																			30.817
6	0.586	13.496	3.508	2.461	1.959	1.654	1.446	0																		24.524
7	0.461	10.606	2.757	1.934	1.539	1.300	1.136	1.016	0																	20.288
8	0.362	8.335	2.166	1.520	1.210	1.022	0.893	0.799	0.726	0																16.669
9	0.284	6.550	1.702	1.194	0.951	0.803	0.702	0.628	0.570	0.525	0															13.624
10	0.224	5.147	1.338	0.939	0.747	0.631	0.552	0.493	0.448	0.412	0.383	0														11.090
11	0.182	4.195	1.090	0.765	0.609	0.514	0.449	0.402	0.365	0.336	0.312	0.292	0													9.329
12	0.152	3.501	0.910	0.638	0.508	0.429	0.375	0.335	0.305	0.280	0.260	0.243	0.229	0												8.016
13	0.127	2.922	0.760	0.533	0.424	0.358	0.313	0.280	0.254	0.234	0.217	0.203	0.191	0.181	0											6.871
14	0.106	2.439	0.634	0.445	0.354	0.299	0.261	0.234	0.212	0.195	0.181	0.170	0.160	0.151	0.143	0										5.879
15	0.088	2.036	0.529	0.371	0.296	0.250	0.218	0.195	0.177	0.163	0.151	0.142	0.133	0.126	0.120	0.114	0									5.021
16	0.074	1.699	0.442	0.310	0.247	0.208	0.182	0.163	0.148	0.136	0.126	0.118	0.111	0.105	0.100	0.095	0.091	0								4.282
17	0.062	1.418	0.369	0.259	0.206	0.174	0.152	0.136	0.123	0.114	0.105	0.099	0.093	0.088	0.083	0.080	0.076	0.073	0							3.647
18	0.051	1.184	0.308	0.216	0.172	0.145	0.127	0.113	0.103	0.095	0.088	0.082	0.077	0.073	0.070	0.066	0.063	0.061	0.059	0						3.102
19	0.043	0.988	0.257	0.180	0.143	0.121	0.106	0.095	0.086	0.079	0.073	0.069	0.065	0.061	0.058	0.055	0.053	0.051	0.049	0.047	0					2.637
20	0.036	0.825	0.214	0.150	0.120	0.101	0.088	0.079	0.072	0.066	0.061	0.057	0.054	0.051	0.048	0.046	0.044	0.042	0.041	0.039	0.038	0				2.239
21	0.030	0.688	0.179	0.126	0.100	0.084	0.074	0.066	0.060	0.055	0.051	0.048	0.045	0.043	0.040	0.039	0.037	0.035	0.034	0.033	0.032	0.031	0			1.899
22	0.025	0.575	0.149	0.105	0.083	0.070	0.062	0.055	0.050	0.046	0.043	0.040	0.038	0.036	0.034	0.032	0.031	0.030	0.028	0.027	0.026	0.026	0.025	0		1.610
23	0.021	0.480	0.125	0.087	0.070	0.059	0.051	0.046	0.042	0.038	0.036	0.033	0.031	0.030	0.028	0.027	0.026	0.025	0.024	0.023	0.022	0.021	0.021	0.020	0	1.364
24	0.017	0.400	0.104	0.073	0.058	0.049	0.043	0.038	0.035	0.032	0.030	0.028	0.026	0.025	0.024	0.022	0.021	0.021	0.020	0.019	0.018	0.018	0.017	0.017	0.017	1.155

(Sumber : Hasil analisis)

Tabel 4. 40. Perhitungan hidrograf banjir rencana Q25 sub DAS S2

t	Qt	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	R11	R12	R13	R14	R15	R16	R17	R18	R19	R20	R21	R22	R23	R24	Q tot
		23.027	5.985	4.198	3.342	2.822	2.467	2.206	2.005	1.844	1.712	1.601	1.507	1.425	1.354	1.291	1.235	1.184	1.139	1.097	1.060	1.025	0.993	0.963	0.936	
0	0	0																								0
1	0.214	4.936	0																							4.936
2	1.066	24.555	6.382	0																						30.938
3	0.764	17.582	4.570	3.206	0																					25.357
4	0.547	12.589	3.272	2.295	1.827	0																				19.983
5	0.391	9.014	2.343	1.643	1.308	1.105	0																			15.413
6	0.294	6.774	1.761	1.235	0.983	0.830	0.726	0																		12.308
7	0.235	5.421	1.409	0.988	0.787	0.665	0.581	0.519	0																	10.370
8	0.188	4.339	1.128	0.791	0.630	0.532	0.465	0.416	0.378	0																8.678
9	0.151	3.473	0.903	0.633	0.504	0.426	0.372	0.333	0.302	0.278	0															7.223
10	0.121	2.779	0.722	0.507	0.403	0.341	0.298	0.266	0.242	0.223	0.207	0														5.988
11	0.097	2.228	0.579	0.406	0.323	0.273	0.239	0.213	0.194	0.178	0.166	0.155	0													4.955
12	0.082	1.885	0.490	0.344	0.274	0.231	0.202	0.181	0.164	0.151	0.140	0.131	0.123	0												4.316
13	0.069	1.595	0.415	0.291	0.232	0.196	0.171	0.153	0.139	0.128	0.119	0.111	0.104	0.099	0											3.751
14	0.059	1.350	0.351	0.246	0.196	0.165	0.145	0.129	0.118	0.108	0.100	0.094	0.088	0.084	0.079	0										3.253
15	0.050	1.142	0.297	0.208	0.166	0.140	0.122	0.109	0.099	0.091	0.085	0.079	0.075	0.071	0.067	0.064	0									2.817
16	0.042	0.966	0.251	0.176	0.140	0.118	0.104	0.093	0.084	0.077	0.072	0.067	0.063	0.060	0.057	0.054	0.052	0								2.435
17	0.036	0.818	0.213	0.149	0.119	0.100	0.088	0.078	0.071	0.065	0.061	0.057	0.054	0.051	0.048	0.046	0.044	0.042	0							2.103
18	0.030	0.692	0.180	0.126	0.100	0.085	0.074	0.066	0.060	0.055	0.051	0.048	0.045	0.043	0.041	0.039	0.037	0.036	0.034	0						1.814
19	0.025	0.586	0.152	0.107	0.085	0.072	0.063	0.056	0.051	0.047	0.044	0.041	0.038	0.036	0.034	0.033	0.031	0.030	0.029	0.028	0					1.562
20	0.022	0.495	0.129	0.090	0.072	0.061	0.053	0.047	0.043	0.040	0.037	0.034	0.032	0.031	0.029	0.028	0.027	0.025	0.025	0.024	0.023	0				1.345
21	0.018	0.419	0.109	0.076	0.061	0.051	0.045	0.040	0.037	0.034	0.031	0.029	0.027	0.026	0.025	0.024	0.022	0.022	0.021	0.020	0.019	0.019	0			1.157
22	0.015	0.355	0.092	0.065	0.051	0.043	0.038	0.034	0.031	0.028	0.026	0.025	0.023	0.022	0.021	0.020	0.019	0.018	0.018	0.017	0.016	0.016	0.015	0		0.994
23	0.013	0.300	0.078	0.055	0.044	0.037	0.032	0.029	0.026	0.024	0.022	0.021	0.020	0.019	0.018	0.017	0.016	0.015	0.015	0.014	0.014	0.013	0.013	0.013	0	0.854
24	0.011	0.254	0.066	0.046	0.037	0.031	0.027	0.024	0.022	0.020	0.019	0.018	0.017	0.016	0.015	0.014	0.014	0.013	0.013	0.012	0.012	0.011	0.011	0.011	0.011	0.733

(Sumber : Hasil analisis)

Tabel 4. 41. Perhitungan hidrograf banjir rencana Q25 sub DAS S3

t	Qt	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	R11	R12	R13	R14	R15	R16	R17	R18	R19	R20	R21	R22	R23	R24	Q tot
0	0	23.027	5.985	4.198	3.342	2.822	2.467	2.206	2.005	1.844	1.712	1.601	1.507	1.425	1.354	1.291	1.235	1.184	1.139	1.097	1.060	1.025	0.993	0.963	0.936	0
1	0.274	6.302	0																							6.302
2	1.067	24.567	6.386	0																						30.953
3	0.602	13.861	3.603	2.527	0																					19.991
4	0.344	7.914	2.057	1.443	1.149	0																				12.563
5	0.235	5.404	1.405	0.985	0.784	0.662	0																			9.240
6	0.160	3.690	0.959	0.673	0.536	0.452	0.395	0																		6.704
7	0.109	2.519	0.655	0.459	0.366	0.309	0.270	0.241	0																	4.819
8	0.081	1.876	0.488	0.342	0.272	0.230	0.201	0.180	0.163	0																3.751
9	0.061	1.409	0.366	0.257	0.204	0.173	0.151	0.135	0.123	0.113	0															2.930
10	0.046	1.058	0.275	0.193	0.154	0.130	0.113	0.101	0.092	0.085	0.079	0														2.280
11	0.035	0.795	0.207	0.145	0.115	0.097	0.085	0.076	0.069	0.064	0.059	0.055	0													1.768
12	0.026	0.597	0.155	0.109	0.087	0.073	0.064	0.057	0.052	0.048	0.044	0.042	0.039	0												1.367
13	0.019	0.448	0.117	0.082	0.065	0.055	0.048	0.043	0.039	0.036	0.033	0.031	0.029	0.028	0											1.054
14	0.015	0.337	0.088	0.061	0.049	0.041	0.036	0.032	0.029	0.027	0.025	0.023	0.022	0.021	0.020	0										0.812
15	0.011	0.253	0.066	0.046	0.037	0.031	0.027	0.024	0.022	0.020	0.019	0.018	0.017	0.016	0.015	0.014	0									0.624
16	0.008	0.190	0.049	0.035	0.028	0.023	0.020	0.018	0.017	0.015	0.014	0.013	0.012	0.012	0.011	0.011	0.010	0								0.479
17	0.006	0.143	0.037	0.026	0.021	0.017	0.015	0.014	0.012	0.011	0.011	0.010	0.009	0.009	0.008	0.008	0.008	0.007	0							0.367
18	0.005	0.107	0.028	0.020	0.016	0.013	0.011	0.010	0.009	0.009	0.008	0.007	0.007	0.007	0.006	0.006	0.006	0.006	0.005	0						0.281
19	0.003	0.081	0.021	0.015	0.012	0.010	0.009	0.008	0.007	0.006	0.006	0.006	0.005	0.005	0.005	0.005	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0				0.215
20	0.003	0.060	0.016	0.011	0.009	0.007	0.006	0.006	0.005	0.005	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0			0.164
21	0.002	0.045	0.012	0.008	0.007	0.006	0.005	0.004	0.004	0.004	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0		0.125
22	0.001	0.034	0.009	0.006	0.005	0.004	0.004	0.003	0.003	0.003	0.003	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.001	0		0.096
23	0.001	0.026	0.007	0.005	0.004	0.003	0.003	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0	0.073
24	0.001	0.019	0.005	0.004	0.003	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.056

(Sumber : Hasil analisis)

Tabel 4. 42. Perhitungan hidrograf banjir rencana Q25 sub DAS S4

t	Qt	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	R11	R12	R13	R14	R15	R16	R17	R18	R19	R20	R21	R22	R23	R24	Q tot
		23.027	5.985	4.198	3.342	2.822	2.467	2.206	2.005	1.844	1.712	1.601	1.507	1.425	1.354	1.291	1.235	1.184	1.139	1.097	1.060	1.025	0.993	0.963	0.936	
0	0	0																								0
1	0.390	8.983	0																							8.983
2	1.583	36.453	9.475	0																						45.927
3	1.000	23.022	5.984	4.198	0																					33.203
4	0.631	14.540	3.779	2.651	2.110	0																				23.080
5	0.433	9.966	2.590	1.817	1.447	1.222	0																			17.041
6	0.319	7.336	1.907	1.338	1.065	0.899	0.786	0																		13.330
7	0.235	5.400	1.404	0.985	0.784	0.662	0.579	0.517	0																	10.330
8	0.173	3.975	1.033	0.725	0.577	0.487	0.426	0.381	0.346	0																7.950
9	0.133	3.065	0.797	0.559	0.445	0.376	0.328	0.294	0.267	0.245	0															6.375
10	0.106	2.435	0.633	0.444	0.354	0.299	0.261	0.233	0.212	0.195	0.181	0														5.247
11	0.084	1.935	0.503	0.353	0.281	0.237	0.207	0.185	0.169	0.155	0.144	0.135	0													4.304
12	0.067	1.538	0.400	0.280	0.223	0.189	0.165	0.147	0.134	0.123	0.114	0.107	0.101	0												3.521
13	0.053	1.222	0.318	0.223	0.177	0.150	0.131	0.117	0.106	0.098	0.091	0.085	0.080	0.076	0											2.874
14	0.042	0.971	0.252	0.177	0.141	0.119	0.104	0.093	0.085	0.078	0.072	0.068	0.064	0.060	0.057	0										2.341
15	0.034	0.772	0.201	0.141	0.112	0.095	0.083	0.074	0.067	0.062	0.057	0.054	0.051	0.048	0.045	0.043	0									1.904
16	0.027	0.614	0.159	0.112	0.089	0.075	0.066	0.059	0.053	0.049	0.046	0.043	0.040	0.038	0.036	0.034	0.033	0								1.546
17	0.021	0.488	0.127	0.089	0.071	0.060	0.052	0.047	0.042	0.039	0.036	0.034	0.032	0.030	0.029	0.027	0.026	0.025	0							1.254
18	0.017	0.387	0.101	0.071	0.056	0.047	0.042	0.037	0.034	0.031	0.029	0.027	0.025	0.024	0.023	0.022	0.021	0.020	0.019	0						1.015
19	0.013	0.308	0.080	0.056	0.045	0.038	0.033	0.030	0.027	0.025	0.023	0.021	0.020	0.019	0.018	0.017	0.017	0.016	0.015	0.015	0					0.822
20	0.011	0.245	0.064	0.045	0.036	0.030	0.026	0.023	0.021	0.020	0.018	0.017	0.016	0.015	0.014	0.014	0.013	0.013	0.012	0.012	0.011	0				0.664
21	0.008	0.194	0.051	0.035	0.028	0.024	0.021	0.019	0.017	0.016	0.014	0.014	0.013	0.012	0.011	0.011	0.010	0.010	0.010	0.009	0.009	0.009	0			0.537
22	0.007	0.155	0.040	0.028	0.022	0.019	0.017	0.015	0.013	0.012	0.011	0.011	0.010	0.010	0.009	0.009	0.008	0.008	0.008	0.007	0.007	0.007	0.007	0		0.433
23	0.005	0.123	0.032	0.022	0.018	0.015	0.013	0.012	0.011	0.010	0.009	0.009	0.008	0.008	0.007	0.007	0.007	0.006	0.006	0.006	0.006	0.005	0.005	0.005	0	0.349
24	0.004	0.098	0.025	0.018	0.014	0.012	0.010	0.009	0.008	0.008	0.007	0.007	0.006	0.006	0.006	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.282

(Sumber : Hasil analisis)

Tabel 4. 43. Perhitungan hidrograf banjir rencana Q25 sub DAS S5

t	Qt	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	R11	R12	R13	R14	R15	R16	R17	R18	R19	R20	R21	R22	R23	R24	Q tot
		23.027	5.985	4.198	3.342	2.822	2.467	2.206	2.005	1.844	1.712	1.601	1.507	1.425	1.354	1.291	1.235	1.184	1.139	1.097	1.060	1.025	0.993	0.963	0.936	
0	0	0																								0
1	0.464	10.677	0																							10.677
2	0.243	5.606	1.457	0																						7.063
3	0.139	3.196	0.831	0.583	0																					4.609
4	0.090	2.080	0.541	0.379	0.302	0																				3.302
5	0.059	1.354	0.352	0.247	0.196	0.166	0																			2.315
6	0.041	0.938	0.244	0.171	0.136	0.115	0.100	0																		1.704
7	0.030	0.679	0.177	0.124	0.099	0.083	0.073	0.065	0																	1.300
8	0.021	0.492	0.128	0.090	0.071	0.060	0.053	0.047	0.043	0																0.985
9	0.015	0.357	0.093	0.065	0.052	0.044	0.038	0.034	0.031	0.029	0															0.742
10	0.011	0.258	0.067	0.047	0.038	0.032	0.028	0.025	0.023	0.021	0.019	0														0.557
11	0.008	0.187	0.049	0.034	0.027	0.023	0.020	0.018	0.016	0.015	0.014	0.013	0													0.417
12	0.006	0.136	0.035	0.025	0.020	0.017	0.015	0.013	0.012	0.011	0.010	0.009	0.009	0												0.311
13	0.004	0.098	0.026	0.018	0.014	0.012	0.011	0.009	0.009	0.008	0.007	0.007	0.006	0.006	0											0.231
14	0.003	0.071	0.019	0.013	0.010	0.009	0.008	0.007	0.006	0.006	0.005	0.005	0.005	0.004	0.004	0										0.172
15	0.002	0.052	0.013	0.009	0.007	0.006	0.006	0.005	0.004	0.004	0.004	0.004	0.003	0.003	0.003	0.003	0									0.127
16	0.002	0.037	0.010	0.007	0.005	0.005	0.004	0.004	0.003	0.003	0.003	0.003	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0								0.094
17	0.001	0.027	0.007	0.005	0.004	0.003	0.003	0.003	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.001	0.001	0							0.070
18	0.001	0.020	0.005	0.004	0.003	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0						0.051
19	0.001	0.014	0.004	0.003	0.002	0.002	0.002	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0					0.038
20	0.000	0.010	0.003	0.002	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000	0				0.028
21	0.000	0.007	0.002	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0			0.021
22	0.000	0.005	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0		0.015
23	0.000	0.004	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0	0.011
24	0.000	0.003	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.008

(Sumber : Hasil analisis)

Tabel 4. 44. Perhitungan hidrograf banjir rencana Q25 sub DAS S6

t	Qt	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	R11	R12	R13	R14	R15	R16	R17	R18	R19	R20	R21	R22	R23	R24	Q tot
		23.027	5.985	4.198	3.342	2.822	2.467	2.206	2.005	1.844	1.712	1.601	1.507	1.425	1.354	1.291	1.235	1.184	1.139	1.097	1.060	1.025	0.993	0.963	0.936	
0	0	0																								0
1	0.059	1.349	0																							1.349
2	0.309	7.122	1.851	0																						8.973
3	0.818	18.847	4.899	3.436	0																					27.182
4	2.859	65.830	17.111	12.003	9.555	0																				104.499
5	2.296	52.870	13.742	9.640	7.674	6.481	0																			90.407
6	1.844	42.461	11.037	7.742	6.163	5.205	4.550	0																		77.157
7	1.481	34.102	8.864	6.218	4.950	4.180	3.654	3.267	0																	65.235
8	1.189	27.388	7.119	4.994	3.975	3.357	2.935	2.624	2.385	0																54.776
9	0.955	21.996	5.717	4.011	3.193	2.696	2.357	2.107	1.915	1.762	0															45.754
10	0.767	17.666	4.592	3.221	2.564	2.165	1.893	1.693	1.538	1.415	1.313	0														38.060
11	0.652	15.022	3.904	2.739	2.180	1.841	1.609	1.439	1.308	1.203	1.117	1.045	0													33.408
12	0.564	12.979	3.373	2.366	1.884	1.591	1.391	1.244	1.130	1.039	0.965	0.903	0.849	0												29.714
13	0.487	11.214	2.915	2.045	1.628	1.375	1.202	1.074	0.976	0.898	0.834	0.780	0.734	0.694	0											26.368
14	0.421	9.689	2.518	1.767	1.406	1.188	1.038	0.928	0.844	0.776	0.720	0.674	0.634	0.600	0.570	0										23.352
15	0.364	8.372	2.176	1.526	1.215	1.026	0.897	0.802	0.729	0.670	0.622	0.582	0.548	0.518	0.492	0.469	0									20.646
16	0.314	7.233	1.880	1.319	1.050	0.887	0.775	0.693	0.630	0.579	0.538	0.503	0.473	0.448	0.425	0.406	0.388	0								18.227
17	0.271	6.250	1.624	1.139	0.907	0.766	0.670	0.599	0.544	0.500	0.465	0.435	0.409	0.387	0.368	0.350	0.335	0.321	0							16.070
18	0.235	5.400	1.404	0.985	0.784	0.662	0.579	0.517	0.470	0.432	0.401	0.376	0.353	0.334	0.318	0.303	0.290	0.278	0.267	0						14.151
19	0.207	4.759	1.237	0.868	0.691	0.583	0.510	0.456	0.414	0.381	0.354	0.331	0.311	0.295	0.280	0.267	0.255	0.245	0.235	0.227	0					12.699
20	0.185	4.265	1.109	0.778	0.619	0.523	0.457	0.409	0.371	0.342	0.317	0.297	0.279	0.264	0.251	0.239	0.229	0.219	0.211	0.203	0.196	0				11.577
21	0.166	3.822	0.993	0.697	0.555	0.469	0.410	0.366	0.333	0.306	0.284	0.266	0.250	0.237	0.225	0.214	0.205	0.197	0.189	0.182	0.176	0.170	0			10.545
22	0.149	3.425	0.890	0.625	0.497	0.420	0.367	0.328	0.298	0.274	0.255	0.238	0.224	0.212	0.201	0.192	0.184	0.176	0.169	0.163	0.158	0.152	0.148	0		9.598
23	0.133	3.070	0.798	0.560	0.446	0.376	0.329	0.294	0.267	0.246	0.228	0.213	0.201	0.190	0.181	0.172	0.165	0.158	0.152	0.146	0.141	0.137	0.132	0.128	0	8.730
24	0.119	2.751	0.715	0.502	0.399	0.337	0.295	0.264	0.240	0.220	0.205	0.191	0.180	0.170	0.162	0.154	0.148	0.142	0.136	0.131	0.127	0.122	0.119	0.115	0.115	7.939

(Sumber : Hasil analisis)

Tabel 4. 45. Perhitungan hidrograf banjir rencana Q25 sub DAS S7

t	Qt	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	R11	R12	R13	R14	R15	R16	R17	R18	R19	R20	R21	R22	R23	R24	Q tot
		23.027	5.985	4.198	3.342	2.822	2.467	2.206	2.005	1.844	1.712	1.601	1.507	1.425	1.354	1.291	1.235	1.184	1.139	1.097	1.060	1.025	0.993	0.963	0.936	
0	0	0	0																							0
1	0.437	10.064	0																							10.064
2	0.354	8.145	2.117	0																						10.262
3	0.178	4.094	1.064	0.746	0																					5.905
4	0.109	2.515	0.654	0.459	0.365	0																				3.993
5	0.067	1.545	0.402	0.282	0.224	0.189	0																			2.643
6	0.045	1.034	0.269	0.189	0.150	0.127	0.111	0																		1.880
7	0.031	0.718	0.187	0.131	0.104	0.088	0.077	0.069	0																	1.373
8	0.022	0.498	0.129	0.091	0.072	0.061	0.053	0.048	0.043	0																0.996
9	0.015	0.346	0.090	0.063	0.050	0.042	0.037	0.033	0.030	0.028	0															0.719
10	0.010	0.240	0.062	0.044	0.035	0.029	0.026	0.023	0.021	0.019	0.018	0														0.517
11	0.007	0.166	0.043	0.030	0.024	0.020	0.018	0.016	0.014	0.013	0.012	0.012	0													0.370
12	0.005	0.116	0.030	0.021	0.017	0.014	0.012	0.011	0.010	0.009	0.009	0.008	0.008	0												0.265
13	0.003	0.080	0.021	0.015	0.012	0.010	0.009	0.008	0.007	0.006	0.006	0.006	0.005	0.005	0											0.189
14	0.002	0.056	0.014	0.010	0.008	0.007	0.006	0.005	0.005	0.004	0.004	0.004	0.004	0.003	0.003	0										0.134
15	0.002	0.039	0.010	0.007	0.006	0.005	0.004	0.004	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.002	0.002	0.002	0									0.095
16	0.001	0.027	0.007	0.005	0.004	0.003	0.003	0.003	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.001	0								0.068
17	0.001	0.019	0.005	0.003	0.003	0.002	0.002	0.002	0.002	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0							0.048
18	0.001	0.013	0.003	0.002	0.002	0.002	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0						0.034
19	0.000	0.009	0.002	0.002	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0					0.024
20	0.000	0.006	0.002	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0				0.017
21	0.000	0.004	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0			0.012
22	0.000	0.003	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0		0.008
23	0.000	0.002	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0	0.006
24	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.004

(Sumber : Hasil analisis)

Tabel 4. 46. Perhitungan hidrograf banjir rencana Q25 sub DAS S8

t	Qt	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	R11	R12	R13	R14	R15	R16	R17	R18	R19	R20	R21	R22	R23	R24	Q tot
		23.027	5.985	4.198	3.342	2.822	2.467	2.206	2.005	1.844	1.712	1.601	1.507	1.425	1.354	1.291	1.235	1.184	1.139	1.097	1.060	1.025	0.993	0.963	0.936	
0	0	0																								0
1	0.326	7.505	0																							7.505
2	0.167	3.855	1.002	0																						4.857
3	0.095	2.179	0.566	0.397	0																					3.143
4	0.061	1.398	0.363	0.255	0.203	0																				2.219
5	0.039	0.896	0.233	0.163	0.130	0.110	0																			1.533
6	0.027	0.623	0.162	0.114	0.090	0.076	0.067	0																		1.132
7	0.019	0.446	0.116	0.081	0.065	0.055	0.048	0.043	0																	0.854
8	0.014	0.320	0.083	0.058	0.046	0.039	0.034	0.031	0.028	0																0.640
9	0.010	0.229	0.060	0.042	0.033	0.028	0.025	0.022	0.020	0.018	0															0.477
10	0.007	0.164	0.043	0.030	0.024	0.020	0.018	0.016	0.014	0.013	0.012	0														0.354
11	0.005	0.118	0.031	0.021	0.017	0.014	0.013	0.011	0.010	0.009	0.009	0.008	0													0.262
12	0.004	0.084	0.022	0.015	0.012	0.010	0.009	0.008	0.007	0.007	0.006	0.006	0.006	0												0.193
13	0.003	0.060	0.016	0.011	0.009	0.007	0.006	0.006	0.005	0.005	0.004	0.004	0.004	0.004	0											0.142
14	0.002	0.043	0.011	0.008	0.006	0.005	0.005	0.004	0.004	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0									0.104
15	0.001	0.031	0.008	0.006	0.005	0.004	0.003	0.003	0.003	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0								0.077
16	0.001	0.022	0.006	0.004	0.003	0.003	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0								0.056
17	0.001	0.016	0.004	0.003	0.002	0.002	0.002	0.002	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0							0.041
18	0.000	0.011	0.003	0.002	0.002	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0						0.030
19	0.000	0.008	0.002	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0					0.022
20	0.000	0.006	0.002	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0				0.016
21	0.000	0.004	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0			0.012
22	0.000	0.003	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0		0.008
23	0.000	0.002	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0	0.006
24	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.004

(Sumber : Hasil analisis)

Tabel 4. 47. Perhitungan hidrograf banjir rencana Q25 sub DAS S9

t	Qt	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	R11	R12	R13	R14	R15	R16	R17	R18	R19	R20	R21	R22	R23	R24	Q tot
		23.027	5.985	4.198	3.342	2.822	2.467	2.206	2.005	1.844	1.712	1.601	1.507	1.425	1.354	1.291	1.235	1.184	1.139	1.097	1.060	1.025	0.993	0.963	0.936	
0	0	0																								0
1	0.599	13.785	0																							13.785
2	0.419	9.651	2.508	0																						12.159
3	0.194	4.461	1.160	0.813	0																					6.434
4	0.104	2.388	0.621	0.435	0.347	0																				3.791
5	0.061	1.405	0.365	0.256	0.204	0.172	0																			2.402
6	0.038	0.879	0.229	0.160	0.128	0.108	0.094	0																		1.598
7	0.024	0.550	0.143	0.100	0.080	0.067	0.059	0.053	0																	1.052
8	0.015	0.344	0.089	0.063	0.050	0.042	0.037	0.033	0.030	0																0.689
9	0.009	0.215	0.056	0.039	0.031	0.026	0.023	0.021	0.019	0.017	0															0.448
10	0.006	0.135	0.035	0.025	0.020	0.017	0.014	0.013	0.012	0.011	0.010	0														0.291
11	0.004	0.084	0.022	0.015	0.012	0.010	0.009	0.008	0.007	0.007	0.006	0.006	0													0.188
12	0.002	0.053	0.014	0.010	0.008	0.006	0.006	0.005	0.005	0.004	0.004	0.004	0.003	0												0.121
13	0.001	0.033	0.009	0.006	0.005	0.004	0.004	0.003	0.003	0.003	0.002	0.002	0.002	0.002	0											0.078
14	0.001	0.021	0.005	0.004	0.003	0.003	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.001	0.001	0.001	0.001	0										0.050
15	0.001	0.013	0.003	0.002	0.002	0.002	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0									0.032
16	0.000	0.008	0.002	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0							0.020
17	0.000	0.005	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0						0.013
18	0.000	0.003	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0					0.008
19	0.000	0.002	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0				0.005
20	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0			0.003
21	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0		0.002
22	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0	0.001
23	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001
24	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001

(Sumber : Hasil analisis)

Tabel 4. 48. Perhitungan hidrograf banjir rencana Q25 sub DAS S10

t	Qt	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	R11	R12	R13	R14	R15	R16	R17	R18	R19	R20	R21	R22	R23	R24	Q tot
		23.027	5.985	4.198	3.342	2.822	2.467	2.206	2.005	1.844	1.712	1.601	1.507	1.425	1.354	1.291	1.235	1.184	1.139	1.097	1.060	1.025	0.993	0.963	0.936	
0	0	0																								0
1	0.381	8.769	0																							8.769
2	0.185	4.262	1.108	0																						5.370
3	0.104	2.384	0.620	0.435	0																					3.438
4	0.064	1.473	0.383	0.269	0.214	0																				2.339
5	0.040	0.920	0.239	0.168	0.133	0.113	0																			1.573
6	0.028	0.641	0.167	0.117	0.093	0.079	0.069	0																		1.165
7	0.019	0.447	0.116	0.081	0.065	0.055	0.048	0.043	0																	0.855
8	0.014	0.312	0.081	0.057	0.045	0.038	0.033	0.030	0.027	0																0.623
9	0.009	0.217	0.056	0.040	0.032	0.027	0.023	0.021	0.019	0.017	0															0.452
10	0.007	0.151	0.039	0.028	0.022	0.019	0.016	0.015	0.013	0.012	0.011	0														0.326
11	0.005	0.106	0.027	0.019	0.015	0.013	0.011	0.010	0.009	0.008	0.008	0.007	0													0.235
12	0.003	0.074	0.019	0.013	0.011	0.009	0.008	0.007	0.006	0.006	0.005	0.005	0.005	0												0.168
13	0.002	0.051	0.013	0.009	0.007	0.006	0.005	0.005	0.004	0.004	0.004	0.004	0.003	0.003	0											0.121
14	0.002	0.036	0.009	0.007	0.005	0.004	0.004	0.003	0.003	0.003	0.003	0.002	0.002	0.002	0.002	0										0.086
15	0.001	0.025	0.006	0.005	0.004	0.003	0.003	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.001	0.001	0									0.061
16	0.001	0.017	0.005	0.003	0.003	0.002	0.002	0.002	0.002	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0								0.044
17	0.001	0.012	0.003	0.002	0.002	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0							0.031
18	0.000	0.008	0.002	0.002	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0						0.022
19	0.000	0.006	0.002	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0					0.016
20	0.000	0.004	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0				0.011
21	0.000	0.003	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0			0.008
22	0.000	0.002	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0		0.006
23	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0	0.004
24	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003

(Sumber : Hasil analisis)

Tabel 4. 49. Perhitungan hidrograf banjir rencana Q25 sub DAS S11

t	Qt	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	R11	R12	R13	R14	R15	R16	R17	R18	R19	R20	R21	R22	R23	R24	Q tot
		23.027	5.985	4.198	3.342	2.822	2.467	2.206	2.005	1.844	1.712	1.601	1.507	1.425	1.354	1.291	1.235	1.184	1.139	1.097	1.060	1.025	0.993	0.963	0.936	
0	0	0																								0
1	0.420	9.662	0																							9.662
2	2.215	50.997	13.255	0																						64.253
3	1.651	38.023	9.883	6.933	0																					54.838
4	0.953	21.951	5.706	4.002	3.186	0																				34.845
5	0.621	14.297	3.716	2.607	2.075	1.752	0																			24.447
6	0.430	9.912	2.576	1.807	1.439	1.215	1.062	0																		18.012
7	0.298	6.873	1.786	1.253	0.998	0.842	0.736	0.658	0																	13.147
8	0.214	4.930	1.281	0.899	0.716	0.604	0.528	0.472	0.429	0																9.860
9	0.163	3.746	0.974	0.683	0.544	0.459	0.401	0.359	0.326	0.300	0															7.791
10	0.124	2.846	0.740	0.519	0.413	0.349	0.305	0.273	0.248	0.228	0.212	0														6.132
11	0.094	2.162	0.562	0.394	0.314	0.265	0.232	0.207	0.188	0.173	0.161	0.150	0													4.809
12	0.071	1.643	0.427	0.300	0.238	0.201	0.176	0.157	0.143	0.132	0.122	0.114	0.108	0												3.762
13	0.054	1.248	0.324	0.228	0.181	0.153	0.134	0.120	0.109	0.100	0.093	0.087	0.082	0.077	0											2.935
14	0.041	0.949	0.247	0.173	0.138	0.116	0.102	0.091	0.083	0.076	0.071	0.066	0.062	0.059	0.056	0										2.286
15	0.031	0.721	0.187	0.131	0.105	0.088	0.077	0.069	0.063	0.058	0.054	0.050	0.047	0.045	0.042	0.040	0									1.777
16	0.024	0.548	0.142	0.100	0.079	0.067	0.059	0.052	0.048	0.044	0.041	0.038	0.036	0.034	0.032	0.031	0.029	0								1.380
17	0.018	0.416	0.108	0.076	0.060	0.051	0.045	0.040	0.036	0.033	0.031	0.029	0.027	0.026	0.024	0.023	0.022	0.021	0							1.070
18	0.014	0.316	0.082	0.058	0.046	0.039	0.034	0.030	0.028	0.025	0.024	0.022	0.021	0.020	0.019	0.018	0.017	0.016	0.016	0						0.829
19	0.010	0.240	0.062	0.044	0.035	0.029	0.026	0.023	0.021	0.019	0.018	0.017	0.016	0.015	0.014	0.013	0.013	0.012	0.012	0.011	0					0.641
20	0.008	0.183	0.047	0.033	0.026	0.022	0.020	0.017	0.016	0.015	0.014	0.013	0.012	0.011	0.011	0.010	0.010	0.009	0.009	0.009	0.008	0				0.495
21	0.006	0.139	0.036	0.025	0.020	0.017	0.015	0.013	0.012	0.011	0.010	0.010	0.009	0.009	0.008	0.008	0.007	0.007	0.007	0.007	0.006	0.006	0			0.383
22	0.005	0.105	0.027	0.019	0.015	0.013	0.011	0.010	0.009	0.008	0.008	0.007	0.007	0.007	0.006	0.006	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0		0.295
23	0.003	0.080	0.021	0.015	0.012	0.010	0.009	0.008	0.007	0.006	0.006	0.006	0.005	0.005	0.005	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.003	0.003	0	0.228
24	0.003	0.061	0.016	0.011	0.009	0.007	0.007	0.006	0.005	0.005	0.005	0.004	0.004	0.004	0.004	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.176

(Sumber : Hasil analisis)

Tabel 4. 50. Perhitungan hidrograf banjir rencana Q25 sub DAS S12

t	Qt	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	R11	R12	R13	R14	R15	R16	R17	R18	R19	R20	R21	R22	R23	R24	Q tot
		23.027	5.985	4.198	3.342	2.822	2.467	2.206	2.005	1.844	1.712	1.601	1.507	1.425	1.354	1.291	1.235	1.184	1.139	1.097	1.060	1.025	0.993	0.963	0.936	
0	0	0	0																							0
1	0.209	4.808	0																							4.808
2	1.102	25.376	6.596	0																						31.972
3	0.861	19.818	5.151	3.613	0																					28.582
4	0.589	13.569	3.527	2.474	1.970	0																				21.540
5	0.403	9.291	2.415	1.694	1.349	1.139	0																			15.887
6	0.303	6.982	1.815	1.273	1.013	0.856	0.748	0																		12.687
7	0.236	5.424	1.410	0.989	0.787	0.665	0.581	0.520	0																	10.375
8	0.183	4.213	1.095	0.768	0.612	0.516	0.451	0.404	0.367	0																8.427
9	0.142	3.273	0.851	0.597	0.475	0.401	0.351	0.314	0.285	0.262	0															6.809
10	0.110	2.543	0.661	0.464	0.369	0.312	0.272	0.244	0.221	0.204	0.189	0														5.478
11	0.091	2.100	0.546	0.383	0.305	0.257	0.225	0.201	0.183	0.168	0.156	0.146	0													4.670
12	0.075	1.738	0.452	0.317	0.252	0.213	0.186	0.166	0.151	0.139	0.129	0.121	0.114	0												3.978
13	0.062	1.438	0.374	0.262	0.209	0.176	0.154	0.138	0.125	0.115	0.107	0.100	0.094	0.089	0											3.381
14	0.052	1.190	0.309	0.217	0.173	0.146	0.127	0.114	0.104	0.095	0.088	0.083	0.078	0.074	0.070	0										2.867
15	0.043	0.984	0.256	0.179	0.143	0.121	0.105	0.094	0.086	0.079	0.073	0.068	0.064	0.061	0.058	0.055	0									2.428
16	0.035	0.815	0.212	0.149	0.118	0.100	0.087	0.078	0.071	0.065	0.061	0.057	0.053	0.050	0.048	0.046	0.044	0								2.053
17	0.029	0.674	0.175	0.123	0.098	0.083	0.072	0.065	0.059	0.054	0.050	0.047	0.044	0.042	0.040	0.038	0.036	0.035	0							1.733
18	0.024	0.558	0.145	0.102	0.081	0.068	0.060	0.053	0.049	0.045	0.041	0.039	0.037	0.035	0.033	0.031	0.030	0.029	0.028	0						1.462
19	0.020	0.462	0.120	0.084	0.067	0.057	0.049	0.044	0.040	0.037	0.034	0.032	0.030	0.029	0.027	0.026	0.025	0.024	0.023	0.022	0					1.232
20	0.017	0.382	0.099	0.070	0.055	0.047	0.041	0.037	0.033	0.031	0.028	0.027	0.025	0.024	0.022	0.021	0.020	0.020	0.019	0.018	0.018	0				1.037
21	0.014	0.316	0.082	0.058	0.046	0.039	0.034	0.030	0.028	0.025	0.023	0.022	0.021	0.020	0.019	0.018	0.017	0.016	0.016	0.015	0.015	0.014	0			0.872
22	0.011	0.262	0.068	0.048	0.038	0.032	0.028	0.025	0.023	0.021	0.019	0.018	0.017	0.016	0.015	0.015	0.014	0.013	0.013	0.012	0.012	0.012	0.011	0		0.733
23	0.009	0.216	0.056	0.039	0.031	0.027	0.023	0.021	0.019	0.017	0.016	0.015	0.014	0.013	0.013	0.012	0.012	0.011	0.011	0.010	0.010	0.010	0.009	0.009	0	0.615
24	0.008	0.179	0.047	0.033	0.026	0.022	0.019	0.017	0.016	0.014	0.013	0.012	0.012	0.011	0.011	0.010	0.010	0.009	0.009	0.009	0.008	0.008	0.008	0.007	0.007	0.517

(Sumber : Hasil analisis)

Tabel 4. 51. Perhitungan hidrograf banjir rencana Q25 sub DAS S13

t	Qt	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	R11	R12	R13	R14	R15	R16	R17	R18	R19	R20	R21	R22	R23	R24	Q tot
		23.027	5.985	4.198	3.342	2.822	2.467	2.206	2.005	1.844	1.712	1.601	1.507	1.425	1.354	1.291	1.235	1.184	1.139	1.097	1.060	1.025	0.993	0.963	0.936	
0	0	0																								0
1	0.188	4.323	0																							4.323
2	0.991	22.819	5.931	0																						28.751
3	2.482	57.161	14.857	10.422	0																					82.441
4	1.605	36.958	9.606	6.738	5.364	0																				58.667
5	1.038	23.895	6.211	4.357	3.468	2.929	0																			40.860
6	0.699	16.099	4.185	2.935	2.337	1.973	1.725	0																		29.254
7	0.523	12.038	3.129	2.195	1.747	1.476	1.290	1.153	0																	23.027
8	0.391	9.001	2.339	1.641	1.306	1.103	0.964	0.862	0.784	0																18.001
9	0.292	6.730	1.749	1.227	0.977	0.825	0.721	0.645	0.586	0.539	0															13.999
10	0.221	5.084	1.322	0.927	0.738	0.623	0.545	0.487	0.443	0.407	0.378	0														10.954
11	0.178	4.088	1.063	0.745	0.593	0.501	0.438	0.392	0.356	0.327	0.304	0.284	0													9.092
12	0.143	3.287	0.854	0.599	0.477	0.403	0.352	0.315	0.286	0.263	0.244	0.229	0.215	0												7.526
13	0.115	2.643	0.687	0.482	0.384	0.324	0.283	0.253	0.230	0.212	0.197	0.184	0.173	0.164	0											6.215
14	0.092	2.125	0.552	0.388	0.309	0.261	0.228	0.204	0.185	0.170	0.158	0.148	0.139	0.132	0.125	0										5.123
15	0.074	1.709	0.444	0.312	0.248	0.209	0.183	0.164	0.149	0.137	0.127	0.119	0.112	0.106	0.101	0.096	0									4.215
16	0.060	1.374	0.357	0.251	0.199	0.168	0.147	0.132	0.120	0.110	0.102	0.096	0.090	0.085	0.081	0.077	0.074	0								3.463
17	0.048	1.105	0.287	0.201	0.160	0.135	0.118	0.106	0.096	0.088	0.082	0.077	0.072	0.068	0.065	0.062	0.059	0.057	0							2.841
18	0.039	0.888	0.231	0.162	0.129	0.109	0.095	0.085	0.077	0.071	0.066	0.062	0.058	0.055	0.052	0.050	0.048	0.046	0.044	0						2.328
19	0.031	0.714	0.186	0.130	0.104	0.088	0.077	0.068	0.062	0.057	0.053	0.050	0.047	0.044	0.042	0.040	0.038	0.037	0.035	0.034	0					1.906
20	0.025	0.574	0.149	0.105	0.083	0.070	0.062	0.055	0.050	0.046	0.043	0.040	0.038	0.036	0.034	0.032	0.031	0.030	0.028	0.027	0.026	0				1.559
21	0.020	0.462	0.120	0.084	0.067	0.057	0.049	0.044	0.040	0.037	0.034	0.032	0.030	0.029	0.027	0.026	0.025	0.024	0.023	0.022	0.021	0.021	0			1.274
22	0.016	0.371	0.097	0.068	0.054	0.046	0.040	0.036	0.032	0.030	0.028	0.026	0.024	0.023	0.022	0.021	0.020	0.019	0.018	0.018	0.017	0.017	0.016	0		1.041
23	0.013	0.299	0.078	0.054	0.043	0.037	0.032	0.029	0.026	0.024	0.022	0.021	0.020	0.018	0.018	0.017	0.016	0.015	0.015	0.014	0.014	0.013	0.013	0.012	0	0.849
24	0.010	0.240	0.062	0.044	0.035	0.029	0.026	0.023	0.021	0.019	0.018	0.017	0.016	0.015	0.014	0.013	0.013	0.012	0.012	0.011	0.011	0.010	0.010	0.010	0.010	0.693

(Sumber : Hasil analisis)

Tabel 4. 52. Perhitungan hidrograf banjir rencana Q25 sub DAS S14

t	Qt	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	R11	R12	R13	R14	R15	R16	R17	R18	R19	R20	R21	R22	R23	R24	Q tot
		23.027	5.985	4.198	3.342	2.822	2.467	2.206	2.005	1.844	1.712	1.601	1.507	1.425	1.354	1.291	1.235	1.184	1.139	1.097	1.060	1.025	0.993	0.963	0.936	
0	0	0																								0
1	0.444	10.226	0																							10.226
2	2.344	53.973	14.029	0																						68.001
3	1.807	41.617	10.817	7.588	0																					60.023
4	1.188	27.352	7.109	4.987	3.970	0																				43.419
5	0.784	18.055	4.693	3.292	2.621	2.213	0																			30.873
6	0.593	13.648	3.547	2.488	1.981	1.673	1.462	0																		24.800
7	0.448	10.317	2.682	1.881	1.498	1.265	1.105	0.988	0																	19.735
8	0.339	7.799	2.027	1.422	1.132	0.956	0.836	0.747	0.679	0																15.597
9	0.256	5.895	1.532	1.075	0.856	0.723	0.632	0.565	0.513	0.472	0															12.263
10	0.204	4.689	1.219	0.855	0.681	0.575	0.502	0.449	0.408	0.376	0.349	0														10.103
11	0.165	3.802	0.988	0.693	0.552	0.466	0.407	0.364	0.331	0.304	0.283	0.264	0													8.455
12	0.134	3.082	0.801	0.562	0.447	0.378	0.330	0.295	0.268	0.247	0.229	0.214	0.202	0												7.056
13	0.109	2.498	0.649	0.456	0.363	0.306	0.268	0.239	0.218	0.200	0.186	0.174	0.164	0.155	0											5.875
14	0.088	2.026	0.526	0.369	0.294	0.248	0.217	0.194	0.176	0.162	0.151	0.141	0.133	0.125	0.119	0										4.882
15	0.071	1.642	0.427	0.299	0.238	0.201	0.176	0.157	0.143	0.132	0.122	0.114	0.107	0.102	0.097	0.092	0									4.050
16	0.058	1.331	0.346	0.243	0.193	0.163	0.143	0.128	0.116	0.107	0.099	0.093	0.087	0.082	0.078	0.075	0.071	0								3.354
17	0.047	1.079	0.281	0.197	0.157	0.132	0.116	0.103	0.094	0.086	0.080	0.075	0.071	0.067	0.063	0.061	0.058	0.056	0							2.775
18	0.038	0.875	0.227	0.160	0.127	0.107	0.094	0.084	0.076	0.070	0.065	0.061	0.057	0.054	0.051	0.049	0.047	0.045	0.043	0						2.293
19	0.031	0.709	0.184	0.129	0.103	0.087	0.076	0.068	0.062	0.057	0.053	0.049	0.046	0.044	0.042	0.040	0.038	0.036	0.035	0.034	0					1.893
20	0.025	0.575	0.149	0.105	0.083	0.070	0.062	0.055	0.050	0.046	0.043	0.040	0.038	0.036	0.034	0.032	0.031	0.030	0.028	0.027	0.026	0				1.561
21	0.020	0.466	0.121	0.085	0.068	0.057	0.050	0.045	0.041	0.037	0.035	0.032	0.031	0.029	0.027	0.026	0.025	0.024	0.023	0.022	0.021	0.021	0			1.286
22	0.016	0.378	0.098	0.069	0.055	0.046	0.040	0.036	0.033	0.030	0.028	0.026	0.025	0.023	0.022	0.021	0.020	0.019	0.019	0.018	0.017	0.017	0.016	0		1.059
23	0.013	0.306	0.080	0.056	0.044	0.038	0.033	0.029	0.027	0.025	0.023	0.021	0.020	0.019	0.018	0.017	0.016	0.016	0.015	0.015	0.014	0.014	0.013	0.013	0	0.871
24	0.011	0.248	0.065	0.045	0.036	0.030	0.027	0.024	0.022	0.020	0.018	0.017	0.016	0.015	0.015	0.014	0.013	0.013	0.012	0.012	0.011	0.011	0.011	0.010	0.010	0.717

(Sumber : Hasil analisis)

Tabel 4. 53. Perhitungan hidrograf banjir rencana Q25 sub DAS S15

t	Qt	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	R11	R12	R13	R14	R15	R16	R17	R18	R19	R20	R21	R22	R23	R24	Q tot
		23.027	5.985	4.198	3.342	2.822	2.467	2.206	2.005	1.844	1.712	1.601	1.507	1.425	1.354	1.291	1.235	1.184	1.139	1.097	1.060	1.025	0.993	0.963	0.936	
0	0	0																								0
1	0.443	10.190	0																							10.190
2	0.372	8.559	2.225	0																						10.784
3	0.194	4.477	1.164	0.816	0																					6.457
4	0.126	2.892	0.752	0.527	0.420	0																				4.591
5	0.082	1.878	0.488	0.342	0.273	0.230	0																			3.211
6	0.054	1.244	0.323	0.227	0.181	0.153	0.133	0																		2.261
7	0.039	0.900	0.234	0.164	0.131	0.110	0.096	0.086	0																	1.721
8	0.028	0.651	0.169	0.119	0.094	0.080	0.070	0.062	0.057	0																1.302
9	0.020	0.471	0.122	0.086	0.068	0.058	0.050	0.045	0.041	0.038	0															0.979
10	0.015	0.340	0.088	0.062	0.049	0.042	0.036	0.033	0.030	0.027	0.025	0														0.733
11	0.011	0.246	0.064	0.045	0.036	0.030	0.026	0.024	0.021	0.020	0.018	0.017	0													0.548
12	0.008	0.178	0.046	0.032	0.026	0.022	0.019	0.017	0.016	0.014	0.013	0.012	0.012	0												0.408
13	0.006	0.129	0.033	0.023	0.019	0.016	0.014	0.012	0.011	0.010	0.010	0.009	0.008	0.008	0											0.303
14	0.004	0.093	0.024	0.017	0.014	0.011	0.010	0.009	0.008	0.007	0.007	0.006	0.006	0.006	0.005	0										0.225
15	0.003	0.067	0.018	0.012	0.010	0.008	0.007	0.006	0.006	0.005	0.005	0.005	0.004	0.004	0.004	0.004	0									0.166
16	0.002	0.049	0.013	0.009	0.007	0.006	0.005	0.005	0.004	0.004	0.004	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0								0.123
17	0.002	0.035	0.009	0.006	0.005	0.004	0.004	0.003	0.003	0.003	0.003	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0							0.091
18	0.001	0.025	0.007	0.005	0.004	0.003	0.003	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0						0.067
19	0.001	0.018	0.005	0.003	0.003	0.002	0.002	0.002	0.002	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0					0.049
20	0.001	0.013	0.003	0.002	0.002	0.002	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0				0.036
21	0.000	0.010	0.003	0.002	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0			0.027
22	0.000	0.007	0.002	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0		0.020
23	0.000	0.005	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0	0.014
24	0.000	0.004	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.011

(Sumber : Hasil analisis)

Tabel 4. 54. Perhitungan hidrograf banjir rencana Q25 sub DAS S16

t	Qt	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	R11	R12	R13	R14	R15	R16	R17	R18	R19	R20	R21	R22	R23	R24	Q tot
		23.027	5.985	4.198	3.342	2.822	2.467	2.206	2.005	1.844	1.712	1.601	1.507	1.425	1.354	1.291	1.235	1.184	1.139	1.097	1.060	1.025	0.993	0.963	0.936	
0	0	0																								0
1	0.180	4.155	0																							4.155
2	0.881	20.290	5.274	0																						25.563
3	0.612	14.095	3.664	2.570	0																					20.328
4	0.425	9.792	2.545	1.785	1.421	0																				15.543
5	0.295	6.802	1.768	1.240	0.987	0.834	0																			11.632
6	0.225	5.172	1.344	0.943	0.751	0.634	0.554	0																		9.399
7	0.176	4.057	1.055	0.740	0.589	0.497	0.435	0.389	0																	7.761
8	0.138	3.182	0.827	0.580	0.462	0.390	0.341	0.305	0.277	0																6.365
9	0.108	2.496	0.649	0.455	0.362	0.306	0.267	0.239	0.217	0.200	0															5.192
10	0.085	1.958	0.509	0.357	0.284	0.240	0.210	0.188	0.170	0.157	0.146	0														4.218
11	0.070	1.611	0.419	0.294	0.234	0.197	0.173	0.154	0.140	0.129	0.120	0.112	0													3.583
12	0.058	1.343	0.349	0.245	0.195	0.165	0.144	0.129	0.117	0.108	0.100	0.093	0.088	0												3.074
13	0.049	1.119	0.291	0.204	0.162	0.137	0.120	0.107	0.097	0.090	0.083	0.078	0.073	0.069	0											2.631
14	0.041	0.933	0.242	0.170	0.135	0.114	0.100	0.089	0.081	0.075	0.069	0.065	0.061	0.058	0.055	0										2.248
15	0.034	0.777	0.202	0.142	0.113	0.095	0.083	0.074	0.068	0.062	0.058	0.054	0.051	0.048	0.046	0.044	0									1.917
16	0.028	0.648	0.168	0.118	0.094	0.079	0.069	0.062	0.056	0.052	0.048	0.045	0.042	0.040	0.038	0.036	0.035	0								1.633
17	0.023	0.540	0.140	0.098	0.078	0.066	0.058	0.052	0.047	0.043	0.040	0.038	0.035	0.033	0.032	0.030	0.029	0.028	0							1.389
18	0.020	0.450	0.117	0.082	0.065	0.055	0.048	0.043	0.039	0.036	0.033	0.031	0.029	0.028	0.026	0.025	0.024	0.023	0.022	0						1.180
19	0.016	0.375	0.098	0.068	0.054	0.046	0.040	0.036	0.033	0.030	0.028	0.026	0.025	0.023	0.022	0.021	0.020	0.019	0.019	0.018	0					1.001
20	0.014	0.313	0.081	0.057	0.045	0.038	0.034	0.030	0.027	0.025	0.023	0.022	0.020	0.019	0.018	0.018	0.017	0.016	0.015	0.015	0.014	0				0.849
21	0.011	0.261	0.068	0.048	0.038	0.032	0.028	0.025	0.023	0.021	0.019	0.018	0.017	0.016	0.015	0.015	0.014	0.013	0.013	0.012	0.012	0.012	0			0.719
22	0.009	0.217	0.056	0.040	0.032	0.027	0.023	0.021	0.019	0.017	0.016	0.015	0.014	0.013	0.013	0.012	0.012	0.011	0.011	0.010	0.010	0.010	0.009	0		0.609
23	0.008	0.181	0.047	0.033	0.026	0.022	0.019	0.017	0.016	0.015	0.013	0.013	0.012	0.011	0.011	0.010	0.010	0.009	0.009	0.009	0.008	0.008	0.008	0.008	0	0.515
24	0.007	0.151	0.039	0.028	0.022	0.018	0.016	0.014	0.013	0.012	0.011	0.010	0.010	0.009	0.009	0.008	0.008	0.008	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.006	0.006	0.435

(Sumber : Hasil analisis)

Tabel 4. 55. Perhitungan hidrograf banjir rencana Q25 sub DAS S17

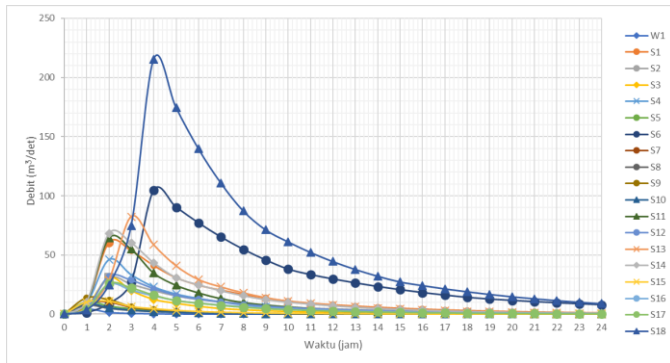
t	Qt	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	R11	R12	R13	R14	R15	R16	R17	R18	R19	R20	R21	R22	R23	R24	Q tot
		23.027	5.985	4.198	3.342	2.822	2.467	2.206	2.005	1.844	1.712	1.601	1.507	1.425	1.354	1.291	1.235	1.184	1.139	1.097	1.060	1.025	0.993	0.963	0.936	
0	0	0	0																							0
1	0.170	3.925	0																							3.925
2	0.900	20.719	5.385	0																						26.104
3	0.672	15.481	4.024	2.823	0																					22.327
4	0.445	10.239	2.661	1.867	1.486	0																				16.253
5	0.295	6.782	1.763	1.237	0.984	0.831	0																			11.597
6	0.224	5.148	1.338	0.939	0.747	0.631	0.552	0																		9.355
7	0.170	3.908	1.016	0.713	0.567	0.479	0.419	0.374	0																	7.476
8	0.129	2.966	0.771	0.541	0.431	0.364	0.318	0.284	0.258	0																5.933
9	0.098	2.252	0.585	0.411	0.327	0.276	0.241	0.216	0.196	0.180	0															4.684
10	0.078	1.787	0.464	0.326	0.259	0.219	0.191	0.171	0.156	0.143	0.133	0														3.850
11	0.063	1.453	0.378	0.265	0.211	0.178	0.156	0.139	0.127	0.116	0.108	0.101	0													3.232
12	0.051	1.182	0.307	0.215	0.172	0.145	0.127	0.113	0.103	0.095	0.088	0.082	0.077	0												2.706
13	0.042	0.961	0.250	0.175	0.139	0.118	0.103	0.092	0.084	0.077	0.071	0.067	0.063	0.059	0											2.260
14	0.034	0.782	0.203	0.143	0.113	0.096	0.084	0.075	0.068	0.063	0.058	0.054	0.051	0.048	0.046	0										1.884
15	0.028	0.636	0.165	0.116	0.092	0.078	0.068	0.061	0.055	0.051	0.047	0.044	0.042	0.039	0.037	0.036	0									1.568
16	0.022	0.517	0.134	0.094	0.075	0.063	0.055	0.050	0.045	0.041	0.038	0.036	0.034	0.032	0.030	0.029	0.028	0								1.303
17	0.018	0.420	0.109	0.077	0.061	0.052	0.045	0.040	0.037	0.034	0.031	0.029	0.028	0.026	0.025	0.024	0.023	0.022	0							1.081
18	0.015	0.342	0.089	0.062	0.050	0.042	0.037	0.033	0.030	0.027	0.025	0.024	0.022	0.021	0.020	0.019	0.018	0.018	0.017	0						0.896
19	0.012	0.278	0.072	0.051	0.040	0.034	0.030	0.027	0.024	0.022	0.021	0.019	0.018	0.017	0.016	0.016	0.015	0.014	0.014	0.013	0					0.742
20	0.010	0.226	0.059	0.041	0.033	0.028	0.024	0.022	0.020	0.018	0.017	0.016	0.015	0.014	0.013	0.013	0.012	0.012	0.011	0.011	0.010	0				0.614
21	0.008	0.184	0.048	0.034	0.027	0.023	0.020	0.018	0.016	0.015	0.014	0.013	0.012	0.011	0.011	0.010	0.010	0.009	0.009	0.009	0.008	0.008	0			0.507
22	0.006	0.150	0.039	0.027	0.022	0.018	0.016	0.014	0.013	0.012	0.011	0.010	0.010	0.009	0.009	0.008	0.008	0.008	0.007	0.007	0.007	0.007	0.006	0		0.419
23	0.005	0.122	0.032	0.022	0.018	0.015	0.013	0.012	0.011	0.010	0.009	0.008	0.008	0.008	0.007	0.007	0.007	0.006	0.006	0.006	0.006	0.005	0.005	0.005	0	0.346
24	0.004	0.099	0.026	0.018	0.014	0.012	0.011	0.009	0.009	0.008	0.007	0.007	0.006	0.006	0.006	0.006	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.004	0.004	0.004	0.004	0.285

(Sumber : Hasil analisis)

Tabel 4. 56. Perhitungan hidrograf banjir rencana Q25 sub DAS S18

t	Qt	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	R11	R12	R13	R14	R15	R16	R17	R18	R19	R20	R21	R22	R23	R24	Q tot
		23.027	5.985	4.198	3.342	2.822	2.467	2.206	2.005	1.844	1.712	1.601	1.507	1.425	1.354	1.291	1.235	1.184	1.139	1.097	1.060	1.025	0.993	0.963	0.936	
0	0	0																								0
1	0.162	3.719	0																							3.719
2	0.853	19.631	5.103	0																						24.734
3	2.256	51.948	13.502	9.472	0																					74.922
4	5.885	135.512	35.222	24.708	19.670	0																				215.111
5	4.433	102.084	26.534	18.613	14.818	12.513	0																			174.560
6	3.340	76.901	19.988	14.021	11.162	9.426	8.240	0																		139.739
7	2.516	57.931	15.058	10.563	8.409	7.101	6.207	5.550	0																	110.819
8	1.895	43.641	11.343	7.957	6.335	5.349	4.676	4.181	3.800	0																87.282
9	1.488	34.264	8.906	6.247	4.973	4.200	3.671	3.283	2.983	2.744	0															71.271
10	1.232	28.367	7.373	5.172	4.118	3.477	3.039	2.718	2.470	2.272	2.109	0														61.115
11	1.020	23.486	6.104	4.282	3.409	2.879	2.516	2.250	2.045	1.881	1.746	1.633	0													52.232
12	0.844	19.444	5.054	3.545	2.822	2.383	2.083	1.863	1.693	1.557	1.446	1.352	1.273	0												44.516
13	0.699	16.098	4.184	2.935	2.337	1.973	1.725	1.542	1.402	1.289	1.197	1.120	1.054	0.997	0											37.852
14	0.579	13.328	3.464	2.430	1.935	1.634	1.428	1.277	1.160	1.067	0.991	0.927	0.872	0.825	0.784	0										32.122
15	0.481	11.067	2.877	2.018	1.606	1.357	1.186	1.060	0.964	0.886	0.823	0.770	0.724	0.685	0.651	0.621	0									27.294
16	0.417	9.605	2.497	1.751	1.394	1.177	1.029	0.920	0.836	0.769	0.714	0.668	0.629	0.595	0.565	0.539	0.515	0								24.204
17	0.362	8.337	2.167	1.520	1.210	1.022	0.893	0.799	0.726	0.668	0.620	0.580	0.546	0.516	0.490	0.467	0.447	0.429	0							21.437
18	0.314	7.236	1.881	1.319	1.050	0.887	0.775	0.693	0.630	0.579	0.538	0.503	0.474	0.448	0.426	0.406	0.388	0.372	0.358	0						18.964
19	0.273	6.280	1.632	1.145	0.912	0.770	0.673	0.602	0.547	0.503	0.467	0.437	0.411	0.389	0.369	0.352	0.337	0.323	0.311	0.299	0					16.759
20	0.237	5.451	1.417	0.994	0.791	0.668	0.584	0.522	0.475	0.437	0.405	0.379	0.357	0.337	0.321	0.306	0.292	0.280	0.270	0.260	0.251	0				14.796
21	0.205	4.731	1.230	0.863	0.687	0.580	0.507	0.453	0.412	0.379	0.352	0.329	0.310	0.293	0.278	0.265	0.254	0.243	0.234	0.225	0.218	0.211	0			13.053
22	0.178	4.106	1.067	0.749	0.596	0.503	0.440	0.393	0.358	0.329	0.305	0.286	0.269	0.254	0.241	0.230	0.220	0.211	0.203	0.196	0.189	0.183	0.177	0		11.506
23	0.155	3.564	0.926	0.650	0.517	0.437	0.382	0.341	0.310	0.285	0.265	0.248	0.233	0.221	0.210	0.200	0.191	0.183	0.176	0.170	0.164	0.159	0.154	0.149	0	10.136
24	0.134	3.093	0.804	0.564	0.449	0.379	0.331	0.296	0.269	0.248	0.230	0.215	0.202	0.191	0.182	0.173	0.166	0.159	0.153	0.147	0.142	0.138	0.133	0.129	0.129	8.927

(Sumber : Hasil analisis)



Gambar 4. 14. Grafik Metode HSS Nakayasu 19 sub DAS periode ulang 25 tahun
(Sumber : Hasil analisis)

Dari grafik di atas dapat dilihat bahwa sub DAS 19 memiliki debit puncak tertinggi dari sub DAS lainnya dan waktu debit puncak terlama yaitu 4 jam.

Selain itu perlu ada perhitungan debit rencana pada DAS Welang. Hal ini untuk membandingkan antara debit rencana antara DAS Welang dengan debit rencana total 19 sub DAS. Salah satu perbedaan yaitu area DAS, dimana area DAS Welang sebesar 521.788 km² dan total area 19 sub DAS yang diamati sebesar 408.374 km². Sehingga hasil perhitungan debit rencana antara DAS Welang dan total sub DAS akan berbeda. Perhitungan tersebut dapat dilihat pada tabel di bawah.

Tabel 4. 57. Debit rencana 25 tahun pada DAS Welang

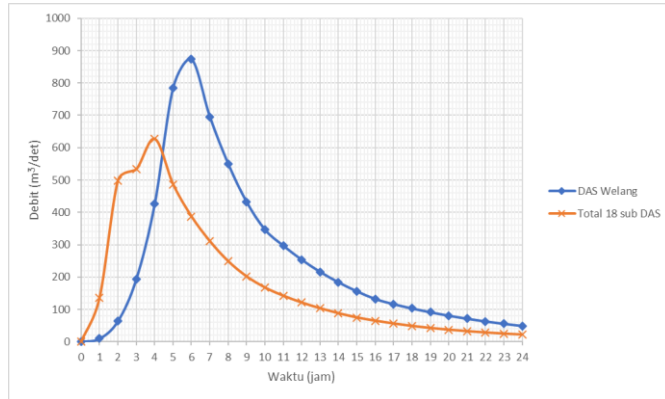
t	Qt	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	R11	R12	R13	R14	R15	R16	R17	R18	R19	R20	R21	R22	R23	R24	Q tot
		23.027	5.985	4.198	3.342	2.822	2.467	2.206	2.005	1.844	1.712	1.601	1.507	1.425	1.354	1.291	1.235	1.184	1.139	1.097	1.060	1.025	0.993	0.963	0.936	
0	0.000	0																								0
1	0.419	9.651	0																							9.651
2	2.212	50.938	13.240	0																						64.177
3	5.854	134.790	35.035	24.576	0																					194.401
4	11.676	268.851	69.880	49.019	39.024	0																				426.774
5	19.946	459.299	119.381	83.743	66.668	56.298	0																			785.390
6	20.877	480.732	124.952	87.651	69.779	58.926	51.508	0																		873.548
7	15.782	363.415	94.459	66.261	52.750	44.546	38.938	34.819	0																	695.188
8	11.931	274.728	71.407	50.091	39.877	33.675	29.436	26.322	23.920	0																549.455
9	9.019	207.683	53.981	37.867	30.146	25.457	22.252	19.898	18.083	16.632	0															431.999
10	6.983	160.804	41.796	29.319	23.341	19.711	17.229	15.407	14.001	12.878	11.956	0														346.442
11	5.795	133.443	34.685	24.331	19.369	16.357	14.298	12.785	11.619	10.687	9.922	9.280	0													296.775
12	4.809	110.738	28.783	20.191	16.074	13.574	11.865	10.610	9.642	8.868	8.233	7.701	7.248	0												253.527
13	3.991	91.896	23.886	16.755	13.339	11.264	9.846	8.805	8.001	7.359	6.833	6.391	6.014	5.689	0											216.078
14	3.312	76.260	19.822	13.904	11.069	9.348	8.171	7.307	6.640	6.107	5.670	5.304	4.991	4.721	4.485	0										183.797
15	2.748	63.284	16.449	11.539	9.186	7.757	6.781	6.063	5.510	5.068	4.705	4.401	4.142	3.918	3.722	3.548	0									156.072
16	2.281	52.516	13.650	9.575	7.623	6.437	5.627	5.032	4.573	4.206	3.905	3.652	3.437	3.251	3.088	2.945	2.816	0								132.333
17	1.965	45.240	11.759	8.249	6.567	5.545	4.847	4.334	3.939	3.623	3.364	3.146	2.961	2.801	2.660	2.537	2.426	2.327	0							116.325
18	1.708	39.335	10.224	7.172	5.709	4.821	4.214	3.769	3.425	3.150	2.925	2.736	2.574	2.435	2.313	2.205	2.110	2.023	1.945	0						103.086
19	1.485	34.200	8.889	6.236	4.964	4.192	3.664	3.277	2.978	2.739	2.543	2.378	2.238	2.117	2.011	1.918	1.834	1.759	1.692	1.630	0					91.259
20	1.291	29.735	7.729	5.422	4.316	3.645	3.186	2.849	2.589	2.381	2.211	2.068	1.946	1.841	1.749	1.667	1.595	1.530	1.471	1.417	1.368	0				80.714
21	1.123	25.854	6.720	4.714	3.753	3.169	2.770	2.477	2.251	2.070	1.922	1.798	1.692	1.601	1.520	1.450	1.387	1.330	1.279	1.232	1.190	1.151	0			71.328
22	0.976	22.479	5.843	4.099	3.263	2.755	2.408	2.154	1.957	1.800	1.671	1.563	1.471	1.392	1.322	1.260	1.206	1.156	1.112	1.071	1.034	1.000	0.969	0		62.986
23	0.849	19.544	5.080	3.564	2.837	2.396	2.094	1.873	1.702	1.565	1.453	1.359	1.279	1.210	1.149	1.096	1.048	1.005	0.967	0.931	0.899	0.870	0.843	0.817	0	55.582
24	0.738	16.993	4.417	3.098	2.467	2.083	1.821	1.628	1.480	1.361	1.263	1.182	1.112	1.052	0.999	0.953	0.911	0.874	0.840	0.810	0.782	0.756	0.733	0.711	0.711	49.037

(Sumber : Hasil analisis)

Tabel 4. 58. Total debit rencana 25 tahun pada sub DAS

JAM	W1	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16	S17	S18	TOTAL
0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
1	4.419	9.074	4.936	6.302	8.983	10.677	1.349	10.064	7.505	13.785	8.769	9.662	4.808	4.323	10.226	10.190	4.155	3.925	3.719	136.874
2	1.512	60.343	30.938	30.953	45.927	7.063	8.973	10.262	4.857	12.159	5.370	64.253	31.972	28.751	68.001	10.784	25.563	26.104	24.734	498.519
3	0.667	53.555	25.357	19.991	33.203	4.609	27.182	5.905	3.143	6.434	3.438	54.838	28.582	82.441	60.023	6.457	20.328	22.327	74.922	533.404
4	0.340	41.064	19.983	12.563	23.080	3.302	104.499	3.993	2.219	3.791	2.339	34.845	21.540	58.667	43.419	4.591	15.543	16.253	215.111	627.141
5	0.170	30.817	15.413	9.240	17.041	2.315	90.407	2.643	1.533	2.402	1.573	24.447	15.887	40.860	30.873	3.211	11.632	11.597	174.560	486.619
6	0.083	24.524	12.308	6.704	13.330	1.704	77.157	1.880	1.132	1.598	1.165	18.012	12.687	29.254	24.800	2.261	9.399	9.355	139.739	387.092
7	0.041	20.288	10.370	4.819	10.330	1.300	65.235	1.373	0.854	1.052	0.855	13.147	10.375	23.027	19.735	1.721	7.761	7.476	110.819	310.578
8	0.020	16.669	8.678	3.751	7.950	0.985	54.776	0.996	0.640	0.689	0.623	9.860	8.427	18.001	15.597	1.302	6.365	5.933	87.282	248.543
9	0.009	13.624	7.223	2.930	6.375	0.742	45.754	0.719	0.477	0.448	0.452	7.791	6.809	13.999	12.263	0.979	5.192	4.684	71.271	201.742
10	0.005	11.090	5.988	2.280	5.247	0.557	38.060	0.517	0.354	0.291	0.326	6.132	5.478	10.954	10.103	0.733	4.218	3.850	61.115	167.296
11	0.002	9.329	4.955	1.768	4.304	0.417	33.408	0.370	0.262	0.188	0.235	4.809	4.670	9.092	8.455	0.548	3.583	3.232	52.232	141.857
12	0.001	8.016	4.316	1.367	3.521	0.311	29.714	0.265	0.193	0.121	0.168	3.762	3.978	7.526	7.056	0.408	3.074	2.706	44.516	121.018
13	0.000	6.871	3.751	1.054	2.874	0.231	26.368	0.189	0.142	0.078	0.121	2.935	3.381	6.215	5.875	0.303	2.631	2.260	37.852	103.132
14	0.000	5.879	3.253	0.812	2.341	0.172	23.352	0.134	0.104	0.050	0.086	2.286	2.867	5.123	4.882	0.225	2.248	1.884	32.122	87.820
15	0.000	5.021	2.817	0.624	1.904	0.127	20.646	0.095	0.077	0.032	0.061	1.777	2.428	4.215	4.050	0.166	1.917	1.568	27.294	74.819
16	0.000	4.282	2.435	0.479	1.546	0.094	18.227	0.068	0.056	0.020	0.044	1.380	2.053	3.463	3.354	0.123	1.633	1.303	24.204	64.763
17	0.000	3.647	2.103	0.367	1.254	0.070	16.070	0.048	0.041	0.013	0.031	1.070	1.733	2.841	2.775	0.091	1.389	1.081	21.437	56.059
18	0.000	3.102	1.814	0.281	1.015	0.051	14.151	0.034	0.030	0.008	0.022	0.829	1.462	2.328	2.293	0.067	1.180	0.896	18.964	48.527
19	0.000	2.637	1.562	0.215	0.822	0.038	12.699	0.024	0.022	0.005	0.016	0.641	1.232	1.906	1.893	0.049	1.001	0.742	16.759	42.262
20	0.000	2.239	1.345	0.164	0.664	0.028	11.577	0.017	0.016	0.003	0.011	0.495	1.037	1.559	1.561	0.036	0.849	0.614	14.796	37.012
21	0.000	1.899	1.157	0.125	0.537	0.021	10.545	0.012	0.012	0.002	0.008	0.383	0.872	1.274	1.286	0.027	0.719	0.507	13.053	32.438
22	0.000	1.610	0.994	0.096	0.433	0.015	9.598	0.008	0.008	0.001	0.006	0.295	0.733	1.041	1.059	0.020	0.609	0.419	11.506	28.451
23	0.000	1.364	0.854	0.073	0.349	0.011	8.730	0.006	0.006	0.001	0.004	0.228	0.615	0.849	0.871	0.014	0.515	0.346	10.136	24.972
24	0.000	1.155	0.733	0.056	0.282	0.008	7.939	0.004	0.004	0.001	0.003	0.176	0.517	0.693	0.717	0.011	0.435	0.285	8.927	21.944

(Sumber : Hasil analisis)



Gambar 4. 15. Grafik Metode HSS Nakayasu antara DAS Welang dan total 19 sub DAS periode ulang 25 tahun
(Sumber : Hasil analisis)

Dari perhitungan di atas membuktikan bahwa DAS Welang memiliki debit terbesar yaitu 873.548 m³/detik dengan waktu debit puncaknya pada jam ke 6, sedangkan total 19 sub DAS memiliki debit terbesar yaitu 627.141 m³/detik dengan waktu debit puncaknya pada jam ke 4.

4.1.9 Analisa Data AWLR

a. Data Debit AWLR

Data debit ini didapat dari data AWLR Sungai Welang-Dhomo yang dikelola oleh PSDA di Pasuruan selama 15 tahun (2003 - 2017).

Tabel 4. 59. Data AWLR maksimum DAS Welang tahun 2003-2017

Tahun	Bulan												MAX
	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	
2003	317.05	183.31	132.77	35.45	48.97	6.61	0.87	0.86	0.61	2.63	59.48	23.12	317.05
2004	31.75	47.39	45.48	26.57	17.11	9.07	5.77	4.72	4.20	4.82	25.76	36.55	47.39
2005	51.36	36.45	76.95	48.47	13.57	72.73	7.14	16.14	2.93	10.50	9.82	74.01	76.95
2006	76.20	42.44	47.29	17.69	24.89	2.87	1.30	0.89	0.49	2.24	1.06	20.93	76.20
2007	5.12	15.63	20.09	10.82	11.78	19.75	0.90	0.42	0.36	0.79	3.64	16.27	20.09
2008	32.28	24.08	20.56	29.50	5.40	0.65	0.57	0.57	0.54	1.74	7.40	17.92	32.28
2009	142.36	132.58	17.77	9.44	20.90	11.69	0.64	0.65	1.61	0.50	2.87	5.45	142.36
2010	204.75	69.98	34.22	33.71	197.85	16.59	71.19	5.88	55.36	18.54	15.28	62.76	204.75
2011	87.22	71.99	63.23	67.18	59.67	23.57	5.96	2.78	1.56	2.97	40.31	58.15	87.22
2012	23.91	36.32	19.35	24.76	17.37	5.07	3.21	1.92	1.60	1.40	8.08	18.55	36.32
2013	29.34	22.60	14.58	20.12	15.45	27.22	14.36	4.24	2.35	11.02	16.72	39.38	39.38
2014	33.22	19.63	18.10	25.99	11.78	7.73	5.78	2.26	1.64	3.41	3.90	22.30	33.22
2015	31.61	39.02	36.56	18.13	18.44	3.12	0.60	0.74	1.36	1.10	3.28	26.11	39.02
2016	96.87	90.32	61.02	95.21	54.59	376.48	34.41	44.48	1.37	39.55	40.62	52.12	376.48
2017	47.82	44.96	47.17	29.20	12.50	18.01	5.22	4.35	3.01	4.95	46.21	29.68	47.82

(Sumber : UPT PSDA di Pasuruan)

b. Penentuan jenis distribusi probabilitas

Untuk menentukan metode pada uji distribusi probabilitas harus memenuhi persyaratan seperti di bawah ini. Data yang digunakan yaitu data debit AWLR maksimum.

Tabel 4. 60. Perhitungan untuk penentuan uji distribusi probabilitas Gumbel dan Normal pada data AWLR

No.	Tahun	Q	$(Q - \bar{Q})$	$(Q - \bar{Q})^2$	$(Q - \bar{Q})^3$	$(Q - \bar{Q})^4$
1	2003	317.050	211.948	44921.777	9521062	2017966042
2	2004	47.390	-57.712	3330.723	-192224	11093718
3	2005	76.950	-28.152	792.559	-22312	628149
4	2006	76.200	-28.902	835.350	-24144	697809
5	2007	20.090	-85.012	7227.111	-614394	52231140
6	2008	32.280	-72.822	5303.105	-386185	28122920
7	2009	142.360	37.258	1388.127	51718	1926897
8	2010	204.750	99.648	9929.640	989465	98597757
9	2011	87.220	-17.882	319.781	-5718	102260
10	2012	36.323	-68.780	4730.658	-325374	22379126
11	2013	39.380	-65.722	4319.436	-283884	18657531
12	2014	33.220	-71.882	5167.082	-371422	26698739
13	2015	39.020	-66.082	4366.886	-288574	19069695
14	2016	376.484	271.381	73647.773	19986623	5423994465
15	2017	47.820	-57.282	3281.276	-187959	10766769
Jumlah		1576.54		169561.285	27846677	7732933018
Rata-Rata		105.102				

(Sumber : Hasil analisis)

Tabel 4. 61. Perhitungan untuk penentuan uji distribusi probabilitas Log Normal dan Log pearson Type III pada data AWLR

No.	Tahun	Q	$\log Q$	$(\log Q - \log \bar{Q})$	$(\log Q - \log \bar{Q})^2$	$(\log Q - \log \bar{Q})^3$	$(\log Q - \log \bar{Q})^4$
1	2003	317.050	2.501	0.655	0.430	0.282	0.185
2	2004	47.390	1.676	-0.170	0.029	-0.005	0.001
3	2005	76.950	1.886	0.041	0.002	0.000	0.000
4	2006	76.200	1.882	0.036	0.001	0.000	0.000
5	2007	20.090	1.303	-0.543	0.295	-0.160	0.087
6	2008	32.280	1.509	-0.337	0.113	-0.038	0.013
7	2009	142.360	2.153	0.308	0.095	0.029	0.009
8	2010	204.750	2.311	0.466	0.217	0.101	0.047
9	2011	87.220	1.941	0.095	0.009	0.001	0.000
10	2012	36.323	1.560	-0.286	0.082	-0.023	0.007
11	2013	39.380	1.595	-0.250	0.063	-0.016	0.004
12	2014	33.220	1.521	-0.324	0.105	-0.034	0.011
13	2015	39.020	1.591	-0.254	0.065	-0.016	0.004
14	2016	376.484	2.576	0.730	0.533	0.389	0.284
15	2017	47.820	1.680	-0.166	0.028	-0.005	0.001
Jumlah		1576.536	27.686		2.064	0.504	0.652
Rata-Rata		105.102	1.846				

(Sumber : Hasil analisis)

Tabel 4. 62. Hasil penentuan uji distribusi probabilitas pada data AWLR

Metode	Syarat		Hitungan	
	Cs	Ck	Cs	Ck
Gumbel	1.14	5.4	1.72	5.4
Normal	0	3	2	5.4
Log Normal	0.63	3.72	0.73	1.19
Log Pearson Type III	selain nilai diatas			0.73

(Sumber : Hasil analisis)

Dari hasil disimpulkan dalam uji distribusi probabilitas digunakan Metode Log Pearson Type III.

c. Distribusi probabilitas Log Pearson Type III

Hasil perhitungan dari distribusi probabilitas Log Pearson Type III sebagai berikut.

Tabel 4. 63. Perhitungan untuk distribusi probabilitas Log Pearson Type III pada data AWLR

No.	Tahun	Q	log Q	$\log Q - \log \bar{Q}$	$(\log Q - \log \bar{Q})^2$	$(\log Q - \log \bar{Q})^3$	$(\log Q - \log \bar{Q})^4$
1	2003	317.050	2.501	0.655	0.430	0.282	0.185
2	2004	47.390	1.676	-0.170	0.029	-0.005	0.001
3	2005	76.950	1.886	0.041	0.002	0.000	0.000
4	2006	76.200	1.882	0.036	0.001	0.000	0.000
5	2007	20.090	1.303	-0.543	0.295	-0.160	0.087
6	2008	32.280	1.509	-0.337	0.113	-0.038	0.013
7	2009	142.360	2.153	0.308	0.095	0.029	0.009
8	2010	204.750	2.311	0.466	0.217	0.101	0.047
9	2011	87.220	1.941	0.095	0.009	0.001	0.000
10	2012	36.323	1.560	-0.286	0.082	-0.023	0.007
11	2013	39.380	1.595	-0.250	0.063	-0.016	0.004
12	2014	33.220	1.521	-0.324	0.105	-0.034	0.011
13	2015	39.020	1.591	-0.254	0.065	-0.016	0.004
14	2016	376.484	2.576	0.730	0.533	0.389	0.284
15	2017	47.820	1.680	-0.166	0.028	-0.005	0.001
Jumlah		1576.536	27.686	0.000	2.064	0.504	0.652
Rata-rata		105.102	1.846				

(Sumber : Hasil analisis)

▪ Rata – rata debit AWLR

$$\log Q = \frac{\sum_{i=1}^n \log Qi}{n} = \frac{27.686}{15} = 1.846$$

▪ Standar deviasi

$$S \log Q = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\log Qi - \log Q)^2}{n - 1}} = \sqrt{\frac{2.064}{15 - 1}} = 0.384$$

▪ Koefisien kemencengan

$$Cs = \frac{\sum_{i=1}^n (\log Q - \log \bar{Q})^3}{(n-1) \times (n-2) \times S^3} = \frac{0.504}{(15-1) \times (15-2) \times 1.846^3} = 0.734$$

▪ Variabel standar

Variabel standar (K) yang diperoleh dari hasil perhitungan interpolasi pada tabel di bawah dengan mencari nilai di antara 0.8 dan 0.7.

Tabel 4. 64. Variabel standar untuk penentuan periode ulang data AWLR

Cs	Periode Ulang (Tahun)										
	1.0101	1.1111	1.25	2	5	10	25	50	100	200	1000
	K										
0.8	-1.733	-1.166	-0.856	-0.132	0.78	1.336	1.998	2.453	2.891	3.312	4.25
0.7	-1.806	-1.183	-0.857	-0.116	0.79	1.333	1.967	2.407	2.824	3.223	4.105
0.734	-1.781	-1.177	-0.857	-0.121	0.787	1.334	1.978	2.423	2.847	3.253	4.155

(Sumber : Hasil analisis)

▪ Periode ulang debit AWLR

$$\log Q_2 = \log \bar{Q} + K \times S \log Q = 1.846 + (-0.121) \times 0.384 = 1.799$$

$$Q_2 = 10^{1.799} = 62.959 \text{ m}^3/\text{det}$$

Tabel 4. 65. Hasil periode ulang data AWLR dengan distribusi probabilitas Log Pearson Type III

Periode Ulang (Tahun)	K	S log QT	log Q_T	Q_T (m ³ /det)
2	-0.121	0.384	1.799	62.959
5	0.787	0.384	2.148	140.527
10	1.334	0.384	2.358	228.027
25	1.978	0.384	2.605	402.839
50	2.423	0.384	2.776	597.129
100	2.847	0.384	2.939	868.886
1000	4.155	0.384	3.441	2761.459

(Sumber : Hasil analisis)

d. Uji kecocokan data

▪ Metode Chi-Kuadrat

i. Urutan data yang besar ke kecil

Tabel 4. 66. Urutan data AWLR pada Metode Chi-Kuadrat

No.	Q (m ³ /det)	Q yang diurut (m ³ /det)
1	317.050	376.484
2	47.390	317.050
3	76.950	204.750

No.	Q (m ³ /det)	Q yang diurut (m ³ /det)
4	76.200	142.360
5	20.090	87.220
6	32.280	76.950
7	142.360	76.200
8	204.750	47.820
9	87.220	47.390
10	36.323	39.380
11	39.380	39.020
12	33.220	36.323
13	39.020	33.220
14	376.484	32.280
15	47.820	20.090

(Sumber : Hasil analisis)

- ii. Jumlah kelas
 Jumlah data = 15
 Kelas distribusi = $1 + 3.3 \log 15 = 4.881 \rightarrow 5$ kelas
- iii. Derajat kebebasan (Dk)
 $p = 2$
 $Dk = 5 - (2 + 1) = 2$
 $\alpha = 5\%$
 $\chi^2_{cr} = 5.991$
- iv. Kelas distribusi
 Kelas distribusi = $\frac{1}{5} \times 100\% = 20\%$
 Interval distribusi = 20%; 40%; 60%; dan 80%
 Persentase 20% $\rightarrow T = 5.00$ tahun
 Persentase 40% $\rightarrow T = 2.50$ tahun
 Persentase 60% $\rightarrow T = 1.67$ tahun
 Persentase 80% $\rightarrow T = 1.25$ tahun
- v. Interval kelas
 $\log Q_{1.25} = \log \bar{Q} + K \times S \log Q = 1.846 + (-0.857) \times 0.384 = 1.517$
 $Q_2 = 10^{1.517} = 32.866 \text{ m}^3/\text{det}$

Tabel 4. 67. Interval kelas data AWLR pada Metode Chi-Kuadrat

T	K	$\log \bar{Q}$	$S \log Q$	$\log Q_T$	Q_T
1.25	-0.857	1.846	0.384	1.517	32.866
1.67	-0.448	1.846	0.384	1.674	47.161
2.50	0.030	1.846	0.384	1.857	71.974
5.00	0.787	1.846	0.384	2.148	140.527

(Sumber : Hasil analisis)

vi. Nilai χ^2

Tabel 4. 68. Perhitungan Metode Chi-Kuadrat untuk data AWLR

Kelas	Interval		Ei	Oi	$O_i - E_i$	$\frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$
1	X	>	140.527	3.00	4	1.00
2	71.974	-	140.527	3.00	3	0.00
3	47.161	-	71.974	3.00	2	-1.00
4	32.866	-	47.161	3.00	4	1.00
5	<	-	32.866	3.00	2	-1.00
S			15.00	15	1.333	

(Sumber : Hasil analisis)

vii. Rekapitulasi nilai χ^2 dan χ^2_{cr} Tabel 4. 69. Penentuan nilai χ^2 dan χ^2_{cr} Metode Chi-Kuadrat untuk data curah hujan

Distribusi Probabilitas	χ^2 terhitung	χ^2_{cr}	Keterangan
Log Pearson III	1.333	5.991	Diterima

(Sumber : Hasil analisis)

▪ Metode Smirnov-Kolmogorof

i. Urutan data yang besar ke kecil

Tabel 4. 70. Urutan data AWLR pada Metode Smirnov-Kolmogorof

No.	Q (m ³ /det)	Q yang diurut (m ³ /det)	log Q
1	317.050	376.484	2.576
2	47.390	317.050	2.501
3	76.950	204.750	2.311
4	76.200	142.360	2.153
5	20.090	87.220	1.941
6	32.280	76.950	1.886
7	142.360	76.200	1.882
8	204.750	47.820	1.680
9	87.220	47.390	1.676
10	36.323	39.380	1.595
11	39.380	39.020	1.591
12	33.220	36.323	1.560
13	39.020	33.220	1.521
14	376.484	32.280	1.509
15	47.820	20.090	1.303

(Sumber : Hasil analisis)

ii. Peluang empiris dan peluang teoritis

Tabel 4. 71. Penentuan peluang data AWLR pada Metode Smirnov-Kolmogorof

No.	$\log Q$	$P(Q_i)$	$f(t)$	$P'(Q_i)$	ΔP
1	2.576	0.063	1.901	0.047	-0.015
2	2.501	0.125	1.707	0.065	-0.060
3	2.311	0.188	1.212	0.122	-0.065
4	2.153	0.250	0.801	0.197	-0.053
5	1.941	0.313	0.247	0.378	0.066
6	1.886	0.375	0.105	0.425	0.050
7	1.882	0.438	0.094	0.429	-0.009
8	1.680	0.500	-0.433	0.627	0.127
9	1.676	0.563	-0.443	0.631	0.069
10	1.595	0.625	-0.652	0.717	0.092
11	1.591	0.688	-0.663	0.721	0.033
12	1.560	0.750	-0.744	0.754	0.004
13	1.521	0.813	-0.845	0.795	-0.017
14	1.509	0.875	-0.877	0.806	-0.069
15	1.303	0.938	-1.413	0.935	-0.002

(Sumber : Hasil analisis)

iii. Simpangan maksimum

$$\Delta P \text{ maksimum} = 0.127$$

iv. Derajat kepercayaan

$$\alpha = 5\% \rightarrow \Delta P \text{ kritis} = 0.340$$

v. Rekapitulasi ΔP maksimum dan ΔP kritis

Tabel 4. 72. Penentuan nilai ΔP Metode Smirnov-Kolmogorof untuk data AWLR

Distribusi Probabilitas	ΔP maksimum	ΔP kritis	Keterangan
Log Pearson III	0.127	0.340	Diterima

(Sumber : Hasil analisis)

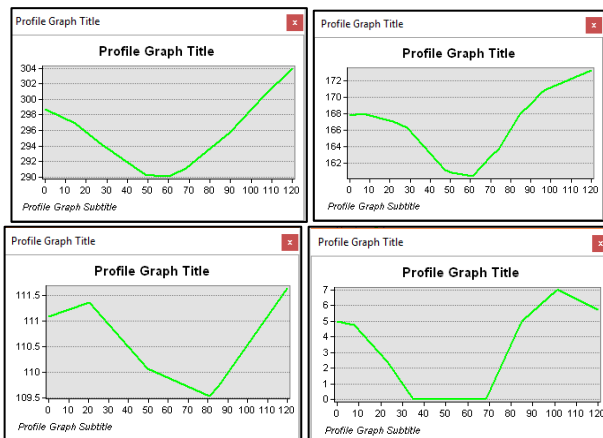
Dari perbandingan antara debit dari perhitungan DAS Welang, debit total Sub DAS, dan debit dari data AWLR, maka pada studi kasus ini menggunakan data debit total Sub DAS. Hal ini dikarenakan data debit tersebut digunakan untuk menentukan *retarding basin* pada tiap sub DAS di DAS Welang.

4.2 Analisa Hidraulika

4.2.1 Data Penampang Sungai (*Cross Section*)

Dalam studi kasus ini terdapat 19 sungai, termasuk Sungai Welang yang menjadi sungai utama DAS Welang. Semua penampang sungai didapat dari data DEM Nasional (DEMNAS) yang dikelola oleh Badan Informasi Geospasial (BIG). Pada situs BIG (2018) menjelaskan bahwa DEMNAS dibangun dari beberapa sumber data meliputi data IFSAR (resolusi 5 m), TERRASAR-X (resolusi 5 m) dan ALOS PALSAR (resolusi 11.25 m), dengan menambahkan data Masspoint hasil *stereo-plotting*. *DEM* ini memiliki resolusi spasial 0.27-arcsecond dan menggunakan datum vertikal EGM2008.

Kemudian DEM ini akan diproses dengan HEC-GeoRAS pada ArcGIS. Hal ini sangat diperlukan karena selain sungai utama, beberapa anak sungai juga akan diamati. Beberapa penampang sungai dari DEM Nasional sebagai berikut.



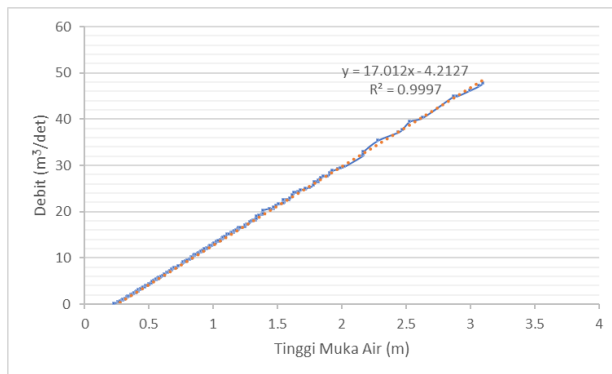
Gambar 4. 16. Contoh penampang sungai dari HEC-GeoRAS
(Sumber : Hasil analisis dengan ArcGIS)

4.2.2 Koefisien Kekasaran Manning

Pada studi kasus ini, koefisien kekasaran Manning didapat dari data AWLR (ketinggian muka air dan debit) dengan cara kalibrasi. Kalibrasi digunakan untuk mencari koefisien kekasaran Manning rata-rata semua sub DAS. Untuk mencari koefisien ini menggunakan HEC-RAS 5.0.3.

Pada proses kalibrasi ini, akan diuji satu penampang untuk mewakili penampang-penampang sungai lainnya. Dari penampang tersebut diuji dengan HEC-RAS dengan memasukkan koefisien kekasaran Manning dan debit aliran. Hasil dari uji tersebut yaitu tinggi muka air pada penampang tersebut yang akan dibandingkan dengan data AWLR yang ada. Untuk mencapai angka muka air penampang dan debit aliran sesuai dengan data AWLR yaitu dengan mengubah nilai koefisien kekasaran Manning pada penampang tersebut.



Diketahui penampang sungai yang dianalisis berada dekat dengan pos duga air (AWLR) yaitu pada Sungai Welang *Reach* W19 STA. 10160 dengan elevasi terendah penampang yaitu +7.00. Data AWLR yang akan ditinjau yaitu data AWLR tahun 2017 yang dapat dilihat dari grafik di bawah ini.



Gambar 4. 17. *Rating Curve* data AWLR tahun 2017
(Sumber : Hasil analisis)

Data yang akan diuji yaitu data AWLR harian pada tanggal 30 Desember 2017 di mana tercatat tinggi muka air pada Sungai Welang sebesar 1.81 m dengan debit aliran nya sebesar 15.49 m³/detik.

Edit Manning's n or k Values

River: (All Rivers)   ☒ Edit Interpolated X's Channel n Values have a light green background

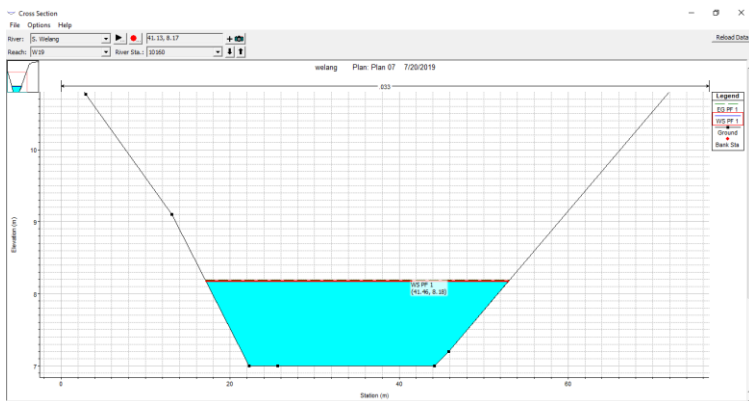
Reach: All Regions

Selected Area Edit Options

River	Reach	River Station	Frctn (n/K)	#1	#2	#3
1 S. Welang	W1	41360	n	0.033	0.033	0.033
2 S. Welang	W1	41270.3*	n	0.033	0.033	0.033
3 S. Welang	W1	41180.6*	n	0.033	0.033	0.033
4 S. Welang	W1	41090.9	n	0.033	0.033	0.033
5 S. Welang	W1	40996.7*	n	0.033	0.033	0.033
6 S. Welang	W1	40902.63	n	0.033	0.033	0.033
7 S. Welang	W1	40818.8*	n	0.033	0.033	0.033
8 S. Welang	W1	40735.1*	n	0.033	0.033	0.033
9 S. Welang	W1	40651.3*	n	0.033	0.033	0.033
10 S. Welang	W1	40567.5*	n	0.033	0.033	0.033
11 S. Welang	W1	40483.81	n	0.033	0.033	0.033
12 S. Welang	W1	40435.46	n	0.033	0.033	0.033
13 S. Welang	W1	40337.7*	n	0.033	0.033	0.033
14 S. Welang	W1	40240	n	0.033	0.033	0.033
15 S. Welang	W1	40143.5*	n	0.033	0.033	0.033
16 S. Welang	W1	40047.0*	n	0.033	0.033	0.033
17 S. Welang	W1	39950.5*	n	0.033	0.033	0.033
18 S. Welang	W1	39854.02	n	0.033	0.033	0.033
19 S. Welang	W2	39718.26	n	0.033	0.033	0.033
20 S. Welang	W2	39708.45	n	0.033	0.033	0.033
21 S. Welang	W3	39576.71	n	0.033	0.033	0.033
22 S. Welang	W3	39520	n	0.033	0.033	0.033
23 S. Welang	W3	39440.0*	n	0.033	0.033	0.033
24 S. Welang	W3	39360	n	0.033	0.033	0.033

OK Cancel Help

Gambar 4. 18. Nilai koefisien kekasaran Manning pada HEC-RAS
(Sumber : Hasil analisis dengan HEC-RAS)



Gambar 4. 19. Penampang Sungai Welang STA. 10160
(Sumber : Hasil analisis dengan HEC-RAS)

Dari hasil uji coba HEC-RAS, nilai yang bisa digunakan yaitu 0.033 (saluran alam). Setelah itu uji pada HEC-RAS adalah mengamati saluran eksisting Sungai Welang untuk memastikan bahwa saluran tersebut sesuai dengan kondisi yang telah dijabarkan pada tabel kekasaran Manning sebelumnya.



Gambar 4. 20. Saluran yang ditinjau untuk koefisien kekasaran Manning

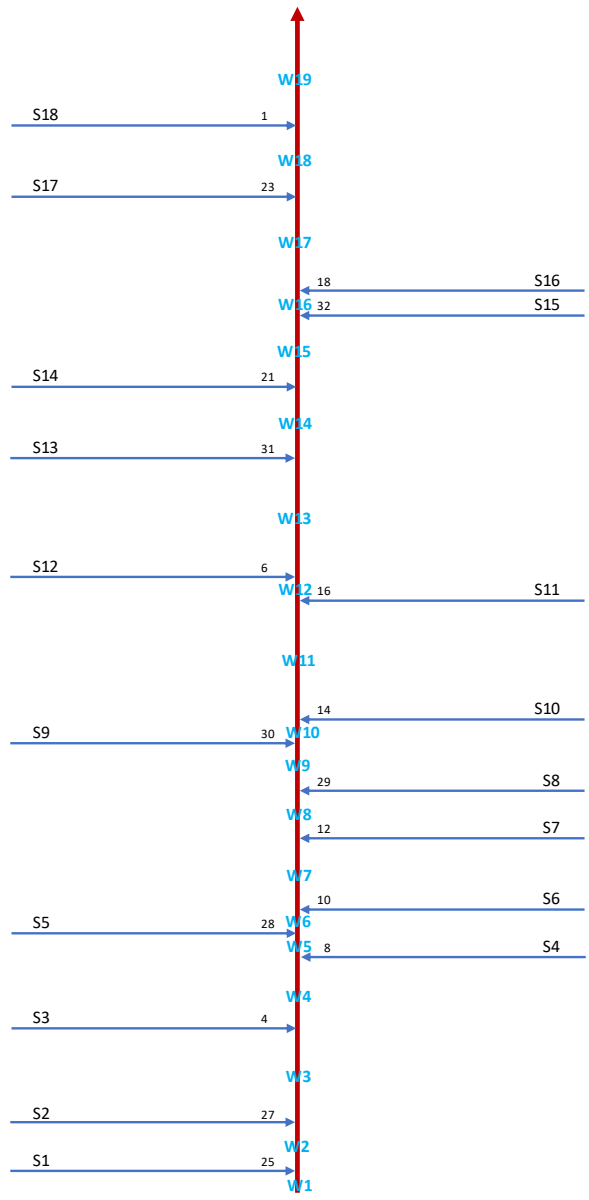
(Sumber : Hasil survey lapangan)

Maka nilai koefisien kekasaran Manning rata-rata yang digunakan untuk semua sungai yaitu 0.033 (saluran alam : dataran banjir berumput pendek-tinggi).

4.2.3 Analisa HEC-RAS

Tujuan dari analisa ini yaitu untuk mengetahui seberapa penampang-penampang sungai tersebut dapat menampung debit tertentu. Pada studi kasus ini nilai debit yang digunakan yaitu debit rencana dari perhitungan yang telah dilakukan pada analisa hidrologi. Selain itu, pada bagian hilir sungai akan dimasukkan data prediksi pasang surut yang didapat dari aplikasi Nautide yaitu sekitar 2.70 m.

Gambar 4. 21. Geometri DAS Welang dan sub DAS di HEC-RAS
(Sumber : Hasil analisis dengan HEC-RAS)



Gambar 4. 22. Denah alur DAS Welang
(Sumber : Hasil analisis)

Untuk mengetahui lokasi banjir, dapat dilihat dari hasil kemampuan penampang sungai pada sub DAS menampung debit rencana yang masuk (Q inflow). Pada studi kasus ini akan dilakukan 2 uji HEC-RAS di antaranya :

- Uji dengan data puncak debit pada 19 sub DAS, bertujuan untuk mengetahui titik banjir di bagian hilir Sungai Welang (*reach W19*).
- Uji dengan data debit puncak tiap sub DAS, bertujuan untuk mengetahui titik banjir di 19 sungai sub DAS (*reach W1, reach S1, reach S2, reach S3, reach S4, reach S5, reach S6, reach S7, reach S8, reach S9, reach S10, reach S11, reach S12, reach S13, reach S14, reach S15, reach S16, reach S17, dan reach S18*) .

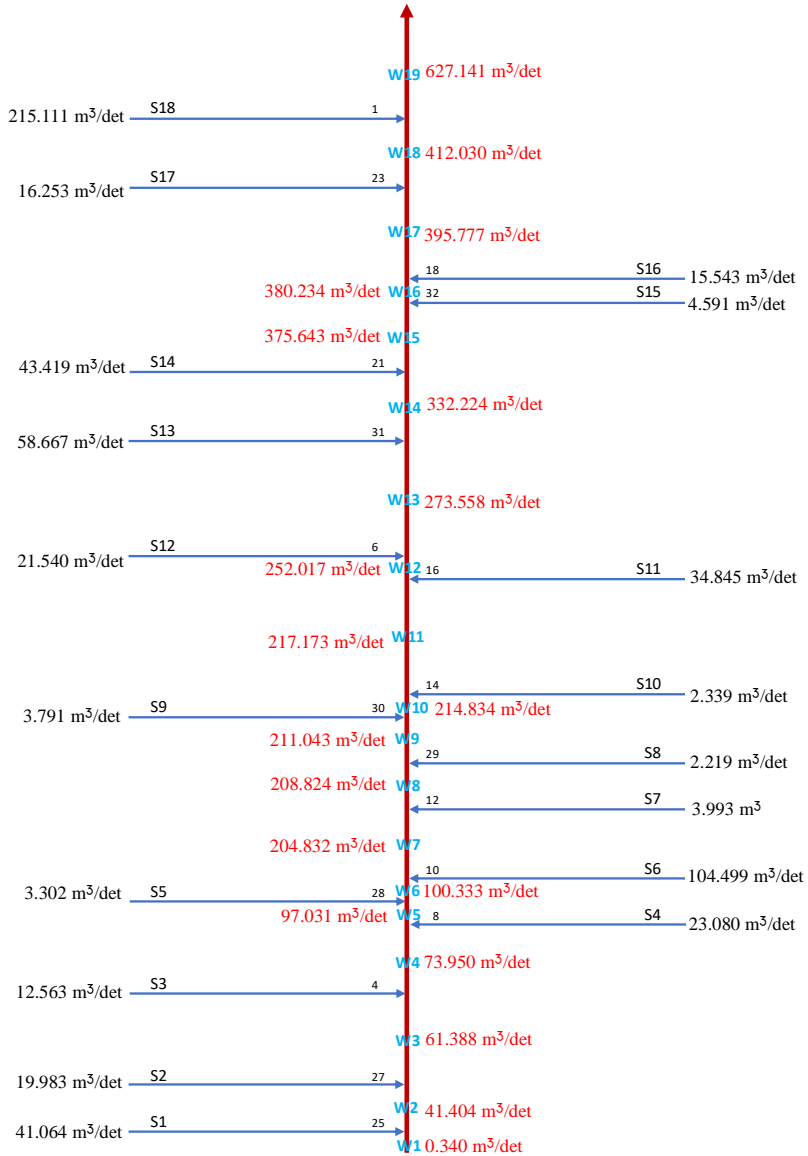
Untuk uji HEC-RAS dimasukkan data debit puncak pada total 19 sub DAS pada jam ke-4 sebagai berikut.

Tabel 4. 73. *Inflow* total 19 sub DAS yang digunakan untuk uji HEC-RAS

No.	Sub DAS	Debit (m ³ /det)
1	W1	0.340
2	S1	41.064
3	S2	19.983
4	S3	12.563
5	S4	23.080
6	S5	3.302
7	S6	104.499
8	S7	3.993
9	S8	2.219
10	S9	3.791
11	S10	2.339
12	S11	34.845
13	S12	21.540
14	S13	58.667
15	S14	43.419
16	S15	4.591
17	S16	15.543
18	S17	16.253
19	S18	215.111
Total		627.141

(Sumber : Data perhitungan)

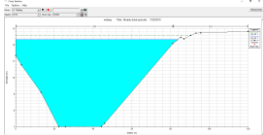
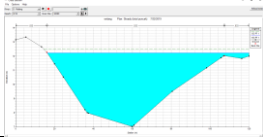
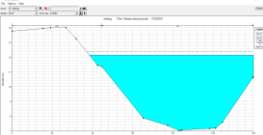
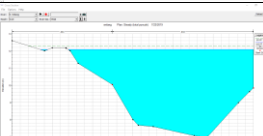
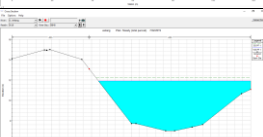
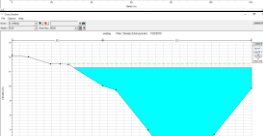
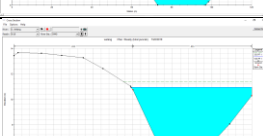
Sedangkan untuk *reach* Sungai Welang diketahui dengan penjumlahan *inflow* sub DAS yang dapat dilihat pada gambar berikut.

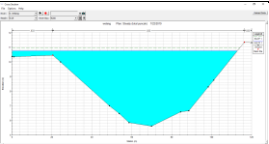
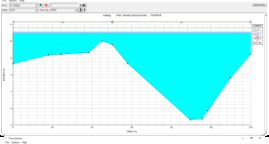
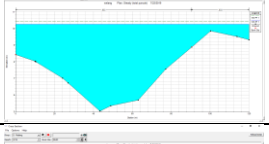
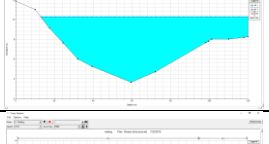
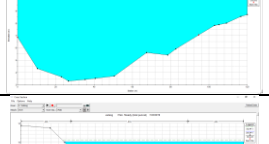
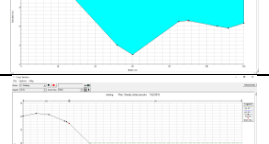
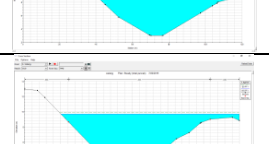
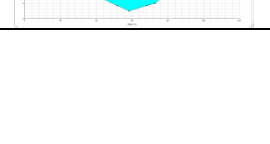


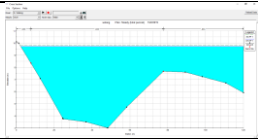
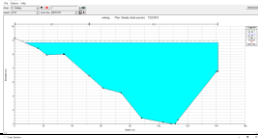
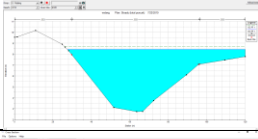
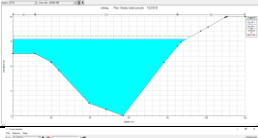
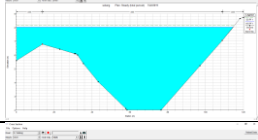
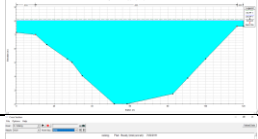
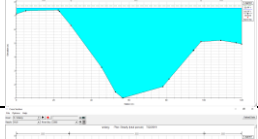
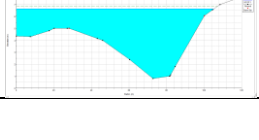
Gambar 4. 23. Denah alur hasil perhitungan HSS Nakayasu
(Sumber : Hasil analisis)

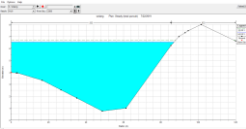
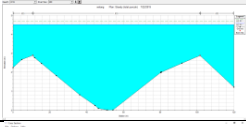
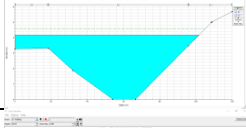
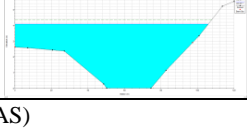
Setelah dimasukkan data di atas pada HEC-RAS, maka hasil yang didapatkan dari uji HEC-RAS sebagai berikut.

Tabel 4. 74. Hasil analisa HEC-RAS untuk Sungai Welang W19

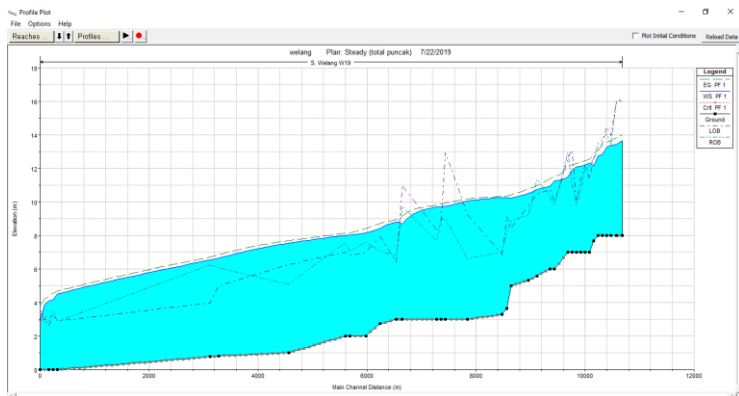
Nama	River Sta.	Gambar
W19	10160	
	10080	
	10000	
	9920	
	9840	
	9520	
	9440	

Nama	River Sta.	Gambar
	9200	
	9040	
	8720	
	8640	
	8560	
	7920	
	7520	
	7440	

Nama	River Sta.	Gambar
	7360	
	6618.653	
	6320	
	6056.289	
	5760	
	5680	
	4640	
	3360	

Nama	River Sta.	Gambar
	3200	
	400	
	320	
	240	

(Sumber : Hasil analisis dengan HEC-RAS)



Gambar 4. 24. *Long section Sungai Welang reach W19 terhadap debit puncak pada total 19 sub DAS*
(Sumber : Hasil analisis dengan HEC-RAS)

Selain itu perlu diperhatikan pula debit yang juga mengalir pada sungai sub DAS. Perlu adanya analisa debit puncak tiap sub DAS yang kemudian akan digunakan untuk menentukan volume *retarding basin*. Data debit yang dimasukkan sebagai berikut.

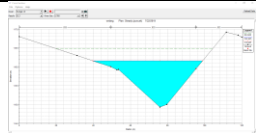
Tabel 4. 75. *Inflow* puncak tiap sub DAS yang digunakan untuk uji HEC-RAS

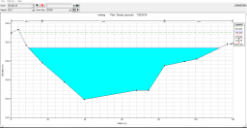
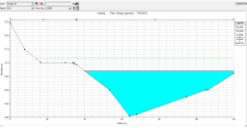
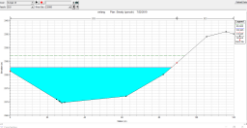
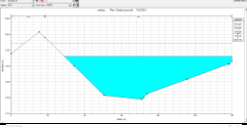
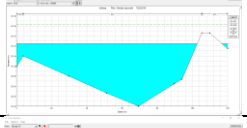
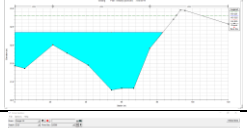
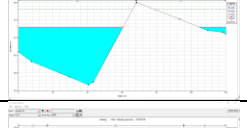
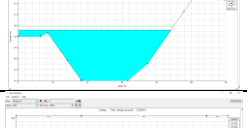
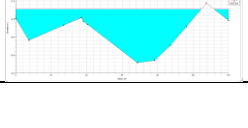
No.	Sub DAS	Debit (m ³ /det)
1	W1	4.419
2	S1	60.343
3	S2	30.938
4	S3	30.953
5	S4	45.927
6	S5	10.677
7	S6	104.499
8	S7	10.262
9	S8	7.505
10	S9	13.785
11	S10	8.769
12	S11	64.253
13	S12	31.972
14	S13	82.441
15	S14	68.001
16	S15	10.784
17	S16	25.563
18	S17	26.104
19	S18	215.111

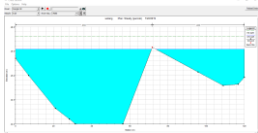
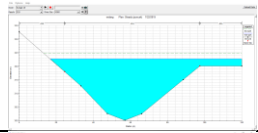
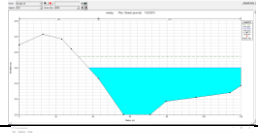
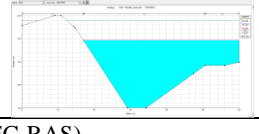
(Sumber : Data perhitungan)

Setelah dimasukkan data di atas pada HEC-RAS, maka hasil yang didapatkan dari uji HEC-RAS sebagai berikut.

Tabel 4. 76. Hasil analisa HEC-RAS untuk tiap sungai Sub DAS yang meluap

Nama	River Sta.	Gambar
S13	1760	

Nama	River Sta.	Gambar
S18	23280	
	22800	
	20560	
	19920	
	19680	
	11600	
	10560	
	9280	
	7840	

Nama	River Sta.	Gambar
	7680	
	4560	
	2000	
	560.0001	

(Sumber : Hasil analisis dengan HEC-RAS)

Dari analisa ini terdapat beberapa debit rencana yang meluap. Hal ini disebabkan oleh debit penampang yang tidak mampu menampung semua debit puncak sungai. Penampang tersebut terdapat anak sungai dan sungai utama. Sehingga perlu adanya penanganan banjir

4.3 Analisa Retadasi

4.3.1 Analisa Debit Keluar (*Outflow*)

Pada analisa ini, metode yang digunakan untuk menentukan debit keluar (*outflow*) dan *storage area* yaitu Metode Muskingum. Pada studi kasus ini, direncanakan pembuatan kolam retensi (*retarding basin*) seluruh sub DAS yang diamati untuk mengurangi debit banjir pada daerah hilir Sungai Welang. Maka dilakukan perhitungan Metode Muskingum pada 19 sub DAS sebagai berikut dengan contoh perhitungan sub DAS W1 di bawah ini.

$$K = 35 \text{ jam}$$

$$X = 0.01$$

$$I_j = 0.000 \text{ m}^3/\text{det}$$

$$I_{j+i} = 4.419 \text{ m}^3/\text{det}$$

$$O_j = 0.000 \text{ m}^3/\text{det}$$

$$C_1 = \frac{\Delta t - 2KX}{2K(1-X) + \Delta t} = \frac{1 - 2 \times 35 \times 0.01}{2 \times 35 \times (1 - 0.01) + 1} = 0.004$$

$$C_2 = \frac{\Delta t + 2KX}{2K(1-X) + \Delta t} = \frac{1 + 2 \times 35 \times 0.01}{2 \times 35 \times (1 - 0.01) + 1} = 0.024$$

$$C_3 = \frac{2K(1-X) - \Delta t}{2K(1-X) + \Delta t} = \frac{2 \times 35 \times (1 - 0.01) - 1}{2 \times 35 \times (1 - 0.01) + 1} = 0.972$$

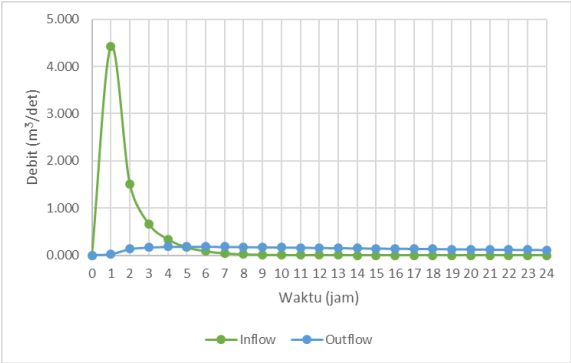
$$C_1 + C_2 + C_3 = 0.004 + 0.024 + 0.9572 = 1$$

$$O_{j+1} = C_1 I_{j+i} + C_2 I_j + C_3 O_j = 0.004 \times 4.419 + 0.024 \times 0 + 0.972 \times 0 = 0.019 \text{ m}^3/\text{det}$$

Tabel 4. 77. Perhitungan Metode Muskingum pada sub DAS W1

Nama	t	I	K	X	Δt	C1	C2	C3	C1+C2+C3	C1 I2	C2 I1	C3 O1	O
	jam	m ³ /det	jam		jam					m ³ /det	m ³ /det	m ³ /det	m ³ /det
W1	0	0.000	35	0.01									0
	1	4.419	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.019	0.000	0.000	0.019
	2	1.512	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.006	0.107	0.018	0.132
	3	0.667	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.003	0.037	0.128	0.167
	4	0.340	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.001	0.016	0.163	0.180
	5	0.170	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.001	0.008	0.175	0.184
	6	0.083	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.000	0.004	0.179	0.183
	7	0.041	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.000	0.002	0.178	0.180
	8	0.020	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.000	0.001	0.175	0.176
	9	0.009	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.000	0.000	0.171	0.172
	10	0.005	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.000	0.000	0.167	0.167
	11	0.002	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.000	0.000	0.162	0.162
	12	0.001	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.000	0.000	0.158	0.158
	13	0.000	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.000	0.000	0.153	0.153
	14	0.000	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.000	0.000	0.149	0.149
	15	0.000	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.000	0.000	0.145	0.145
	16	0.000	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.000	0.000	0.141	0.141
	17	0.000	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.000	0.000	0.137	0.137
	18	0.000	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.000	0.000	0.133	0.133
	19	0.000	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.000	0.000	0.129	0.129
	20	0.000	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.000	0.000	0.125	0.125
	21	0.000	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.000	0.000	0.122	0.122
	22	0.000	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.000	0.000	0.118	0.118
	23	0.000	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.000	0.000	0.115	0.115
	24	0.000	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.000	0.000	0.112	0.112

(Sumber : Hasil analisis)

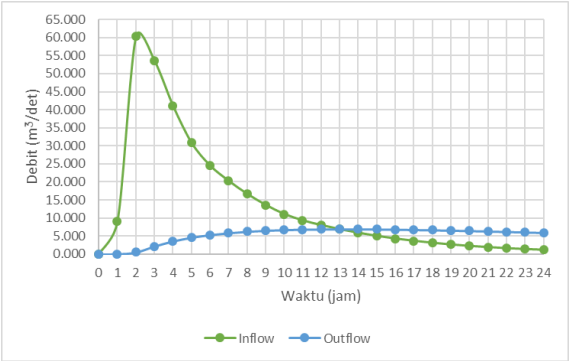


Gambar 4. 25. Hidrograf antara *inflow* dan *outflow* sub DAS W1
(Sumber : Hasil analisis)

Tabel 4. 78. Perhitungan Metode Muskingum pada sub DAS S1

Nama	t	I	K	X	Δt	C1	C2	C3	C1+C2+C3	C1 I2	C2 I1	C3 O1	O
	jam	m³/det	jam		jam					m³/det	m³/det	m³/det	m³/det
S1	0	0.000	35	0.01									0
	1	9.074	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.039	0.000	0.000	0.039
	2	60.343	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.258	0.219	0.038	0.515
	3	53.555	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.229	1.459	0.500	2.188
	4	41.064	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.175	1.295	2.125	3.596
	5	30.817	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.132	0.993	3.493	4.618
	6	24.524	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.105	0.745	4.487	5.336
	7	20.288	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.087	0.593	5.185	5.864
	8	16.669	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.071	0.491	5.697	6.259
	9	13.624	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.058	0.403	6.081	6.542
	10	11.090	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.047	0.329	6.356	6.733
	11	9.329	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.040	0.268	6.541	6.849
	12	8.016	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.034	0.226	6.655	6.914
	13	6.871	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.029	0.194	6.718	6.941
	14	5.879	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.025	0.166	6.743	6.935
	15	5.021	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.021	0.142	6.737	6.901
	16	4.282	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.018	0.121	6.705	6.844
	17	3.647	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.016	0.104	6.650	6.769
	18	3.102	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.013	0.088	6.576	6.678
	19	2.637	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.011	0.075	6.488	6.574
	20	2.239	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.010	0.064	6.387	6.460
	21	1.899	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.008	0.054	6.276	6.339
	22	1.610	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.007	0.046	6.158	6.211
	23	1.364	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.006	0.039	6.034	6.079
	24	1.155	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.005	0.033	5.906	5.944

(Sumber : Hasil analisis)

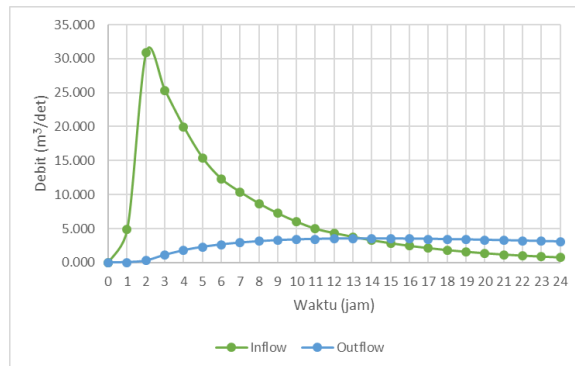


Gambar 4. 26. Hidrograf antara *inflow* dan *outflow* sub DAS S1
(Sumber : Hasil analisis)

Tabel 4. 79. Perhitungan Metode Muskingum pada sub DAS S2

Nama	t	I	K	X	Δt	C1	C2	C3	C1+C2+C3	C1 I2	C2 I1	C3 O1	O
	jam	m ³ /det	jam		jam					m ³ /det	m ³ /det	m ³ /det	m ³ /det
	0	0.000	35	0.01									0
	1	4.936	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.021	0.000	0.000	0.021
	2	30.938	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.132	0.119	0.020	0.272
	3	25.357	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.108	0.748	0.264	1.120
	4	19.983	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.085	0.613	1.089	1.787
	5	15.413	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.066	0.483	1.736	2.285
	6	12.308	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.053	0.373	2.220	2.645
	7	10.370	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.044	0.298	2.570	2.912
	8	8.678	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.037	0.251	2.829	3.117
	9	7.223	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.031	0.210	3.028	3.269
	10	5.988	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.026	0.175	3.176	3.376
	11	4.955	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.021	0.145	3.280	3.446
	12	4.316	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.018	0.120	3.348	3.486
	13	3.751	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.016	0.104	3.387	3.508
	14	3.253	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.014	0.091	3.408	3.512
	15	2.817	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.012	0.079	3.412	3.503
	16	2.435	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.010	0.068	3.403	3.482
	17	2.103	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.009	0.059	3.383	3.451
	18	1.814	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.008	0.051	3.353	3.411
	19	1.562	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.007	0.044	3.314	3.365
	20	1.345	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.006	0.038	3.269	3.312
	21	1.157	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.005	0.033	3.218	3.256
	22	0.994	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.004	0.028	3.163	3.195
	23	0.854	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.004	0.024	3.104	3.132
	24	0.733	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.003	0.021	3.043	3.067

(Sumber : Hasil analisis)

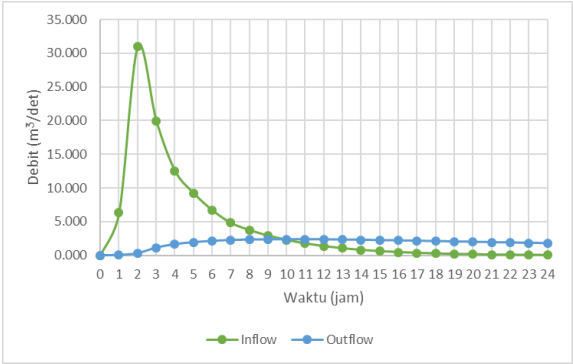
Gambar 4. 27. Hidrograf antara *inflow* dan *outflow* sub DAS S2

(Sumber : Hasil analisis)

Tabel 4. 80. Perhitungan Metode Muskingum pada sub DAS S3

Nama	t	I	K	X	Δt	C1	C2	C3	C1+C2+C3	C1 I2	C2 I1	C3 O1	O
	jam	m³/det	jam		jam					m³/det	m³/det	m³/det	m³/det
S3	0	0.000	35	0.01									0
	1	6.302	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.027	0.000	0.000	0.027
	2	30.953	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.132	0.152	0.026	0.311
	3	19.991	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.085	0.749	0.302	1.136
	4	12.563	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.054	0.483	1.103	1.640
	5	9.240	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.039	0.304	1.594	1.937
	6	6.704	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.029	0.223	1.882	2.134
	7	4.819	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.021	0.162	2.073	2.256
	8	3.751	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.016	0.117	2.192	2.324
	9	2.930	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.013	0.091	2.258	2.361
	10	2.280	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.010	0.071	2.294	2.375
	11	1.768	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.008	0.055	2.307	2.370
	12	1.367	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.006	0.043	2.302	2.351
	13	1.054	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.004	0.033	2.284	2.322
	14	0.812	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.003	0.025	2.256	2.285
	15	0.624	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.003	0.020	2.220	2.242
	16	0.479	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.002	0.015	2.178	2.195
	17	0.367	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.002	0.012	2.133	2.146
	18	0.281	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.001	0.009	2.085	2.095
	19	0.215	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.001	0.007	2.035	2.043
	20	0.164	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.001	0.005	1.985	1.991
	21	0.125	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.001	0.004	1.934	1.939
	22	0.096	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.000	0.003	1.884	1.887
	23	0.073	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.000	0.002	1.833	1.836
	24	0.056	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.000	0.002	1.784	1.786

(Sumber : Hasil analisis)

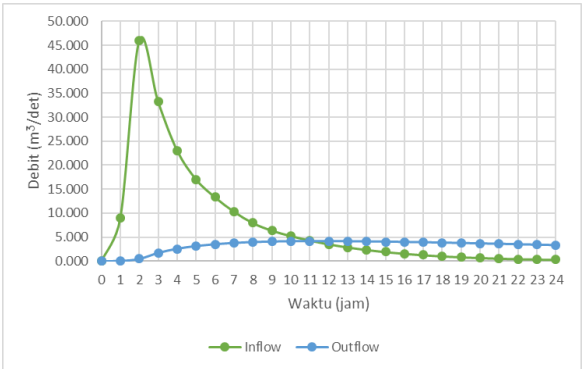


Gambar 4. 28. Hidrograf antara *inflow* dan *outflow* sub DAS S3
(Sumber : Hasil analisis)

Tabel 4. 81. Perhitungan Metode Muskingum pada sub DAS S4

Nama	t	I	K	X	Δt	C1	C2	C3	C1+C2+C3	C1 I2	C2 I1	C3 O1	O
	jam	m³/det	jam		jam					m³/det	m³/det	m³/det	m³/det
S4	0	0.000	35	0.01									0
	1	8.983	35	0.01	1	0.0043	0.0242	0.9716	1	0.038	0.000	0.000	0.038
	2	45.927	35	0.01	1	0.0043	0.0242	0.9716	1	0.196	0.217	0.037	0.450
	3	33.203	35	0.01	1	0.0043	0.0242	0.9716	1	0.142	1.111	0.438	1.690
	4	23.080	35	0.01	1	0.0043	0.0242	0.9716	1	0.098	0.803	1.642	2.543
	5	17.041	35	0.01	1	0.0043	0.0242	0.9716	1	0.073	0.558	2.471	3.102
	6	13.330	35	0.01	1	0.0043	0.0242	0.9716	1	0.057	0.412	3.014	3.483
	7	10.330	35	0.01	1	0.0043	0.0242	0.9716	1	0.044	0.322	3.383	3.750
	8	7.950	35	0.01	1	0.0043	0.0242	0.9716	1	0.034	0.250	3.643	3.927
	9	6.375	35	0.01	1	0.0043	0.0242	0.9716	1	0.027	0.192	3.815	4.035
	10	5.247	35	0.01	1	0.0043	0.0242	0.9716	1	0.022	0.154	3.920	4.096
	11	4.304	35	0.01	1	0.0043	0.0242	0.9716	1	0.018	0.127	3.980	4.125
	12	3.521	35	0.01	1	0.0043	0.0242	0.9716	1	0.015	0.104	4.008	4.127
	13	2.874	35	0.01	1	0.0043	0.0242	0.9716	1	0.012	0.085	4.009	4.107
	14	2.341	35	0.01	1	0.0043	0.0242	0.9716	1	0.010	0.070	3.990	4.070
	15	1.904	35	0.01	1	0.0043	0.0242	0.9716	1	0.008	0.057	3.954	4.018
	16	1.546	35	0.01	1	0.0043	0.0242	0.9716	1	0.007	0.046	3.904	3.957
	17	1.254	35	0.01	1	0.0043	0.0242	0.9716	1	0.005	0.037	3.844	3.887
	18	1.015	35	0.01	1	0.0043	0.0242	0.9716	1	0.004	0.030	3.776	3.811
	19	0.822	35	0.01	1	0.0043	0.0242	0.9716	1	0.004	0.025	3.703	3.731
	20	0.664	35	0.01	1	0.0043	0.0242	0.9716	1	0.003	0.020	3.625	3.647
	21	0.537	35	0.01	1	0.0043	0.0242	0.9716	1	0.002	0.016	3.543	3.562
	22	0.433	35	0.01	1	0.0043	0.0242	0.9716	1	0.002	0.013	3.461	3.475
	23	0.349	35	0.01	1	0.0043	0.0242	0.9716	1	0.001	0.010	3.376	3.388
	24	0.282	35	0.01	1	0.0043	0.0242	0.9716	1	0.001	0.008	3.292	3.302

(Sumber : Hasil analisis)

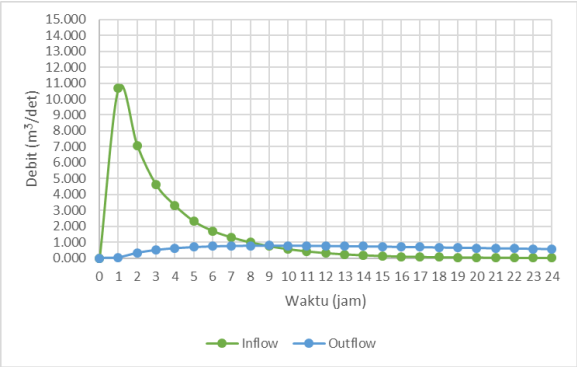


Gambar 4. 29. Hidrograf antara *inflow* dan *outflow* sub DAS S4
(Sumber : Hasil analisis)

Tabel 4. 82. Perhitungan Metode Muskingum pada sub DAS S5

Nama	t jam	I m³/det	K jam	X	Δt jam	C1	C2	C3	C1+C2+C3	C1 I2 m³/det	C2 I1 m³/det	C3 O1 m³/det	O m³/det
S5	0	0.000	35	0.01									0
	1	10.677	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.046	0.000	0.000	0.046
	2	7.063	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.030	0.258	0.044	0.333
	3	4.609	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.020	0.171	0.323	0.514
	4	3.302	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.014	0.111	0.499	0.625
	5	2.315	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.010	0.080	0.607	0.696
	6	1.704	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.007	0.056	0.677	0.740
	7	1.300	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.006	0.041	0.719	0.766
	8	0.985	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.004	0.031	0.744	0.779
	9	0.742	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.003	0.024	0.757	0.784
	10	0.557	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.002	0.018	0.762	0.782
	11	0.417	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.002	0.013	0.760	0.775
	12	0.311	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.001	0.010	0.753	0.765
	13	0.231	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.001	0.008	0.743	0.751
	14	0.172	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.001	0.006	0.730	0.736
	15	0.127	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.001	0.004	0.715	0.720
	16	0.094	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.000	0.003	0.700	0.703
	17	0.070	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.000	0.002	0.683	0.686
	18	0.051	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.000	0.002	0.666	0.668
	19	0.038	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.000	0.001	0.649	0.650
	20	0.028	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.000	0.001	0.632	0.633
	21	0.021	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.000	0.001	0.615	0.616
	22	0.015	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.000	0.000	0.598	0.599
	23	0.011	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.000	0.000	0.582	0.582
	24	0.008	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.000	0.000	0.566	0.566

(Sumber : Hasil analisis)

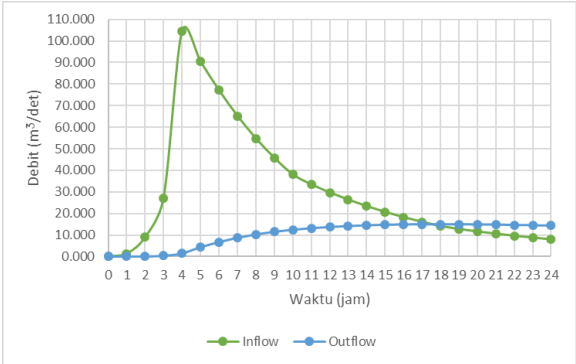


Gambar 4. 30. Hidrograf antara *inflow* dan *outflow* sub DAS S5
(Sumber : Hasil analisis)

Tabel 4. 83. Perhitungan Metode Muskingum pada sub DAS S6

Nama	t	I	K	X	Δt	C1	C2	C3	C1+C2+C3	C1 I2	C2 I1	C3 O1	O
	jam	m³/det	jam		jam					m³/det	m³/det	m³/det	m³/det
S6	0	0.000	35	0.01									0
	1	1.349	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.006	0.000	0.000	0.006
	2	8.973	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.038	0.033	0.006	0.077
	3	27.182	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.116	0.217	0.074	0.407
	4	104.499	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.446	0.657	0.396	1.499
	5	90.407	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.386	2.527	1.456	4.369
	6	77.157	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.329	2.186	4.245	6.760
	7	65.235	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.278	1.866	6.568	8.712
	8	54.776	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.234	1.578	8.464	10.276
	9	45.754	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.195	1.325	9.983	11.503
	10	38.060	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.162	1.106	11.176	12.445
	11	33.408	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.143	0.920	12.091	13.154
	12	29.714	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.127	0.808	12.779	13.714
	13	26.368	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.113	0.719	13.324	14.155
	14	23.352	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.100	0.638	13.752	14.490
	15	20.646	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.088	0.565	14.077	14.730
	16	18.227	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.078	0.499	14.311	14.888
	17	16.070	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.069	0.441	14.465	14.974
	18	14.151	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.060	0.389	14.548	14.997
	19	12.699	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.054	0.342	14.570	14.967
	20	11.577	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.049	0.307	14.541	14.897
	21	10.545	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.045	0.280	14.474	14.798
	22	9.598	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.041	0.255	14.377	14.673
	23	8.730	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.037	0.232	14.256	14.525
	24	7.939	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.034	0.211	14.112	14.357

(Sumber : Hasil analisis)

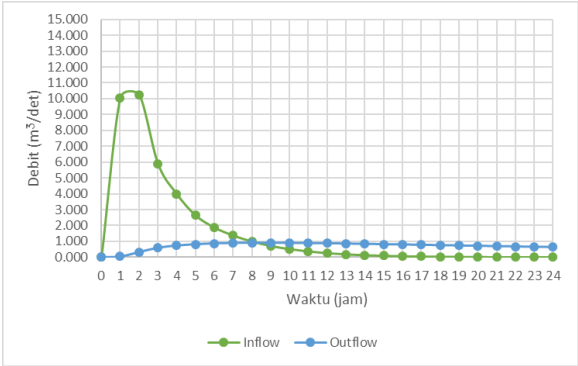


Gambar 4. 31. Hidrograf antara *inflow* dan *outflow* sub DAS S6
(Sumber : Hasil analisis)

Tabel 4. 84. Perhitungan Metode Muskingum pada sub DAS S7

Nama	t	I	K	X	Δt	C1	C2	C3	C1+C2+C3	C1 I2	C2 I1	C3 O1	O
	jam	m³/det	jam		jam					m³/det	m³/det	m³/det	m³/det
S7	0	0.000	35	0.01									0
	1	10.064	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.043	0.000	0.000	0.043
	2	10.262	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.044	0.243	0.042	0.329
	3	5.905	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.025	0.248	0.320	0.593
	4	3.993	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.017	0.143	0.576	0.736
	5	2.643	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.011	0.097	0.715	0.823
	6	1.880	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.008	0.064	0.799	0.871
	7	1.373	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.006	0.045	0.846	0.898
	8	0.996	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.004	0.033	0.872	0.910
	9	0.719	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.003	0.024	0.884	0.911
	10	0.517	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.002	0.017	0.885	0.905
	11	0.370	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.002	0.012	0.879	0.893
	12	0.265	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.001	0.009	0.868	0.878
	13	0.189	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.001	0.006	0.853	0.860
	14	0.134	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.001	0.005	0.835	0.841
	15	0.095	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.000	0.003	0.817	0.820
	16	0.068	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.000	0.002	0.797	0.800
	17	0.048	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.000	0.002	0.777	0.779
	18	0.034	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.000	0.001	0.757	0.758
	19	0.024	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.000	0.001	0.736	0.737
	20	0.017	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.000	0.001	0.716	0.717
	21	0.012	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.000	0.000	0.696	0.697
	22	0.008	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.000	0.000	0.677	0.677
	23	0.006	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.000	0.000	0.658	0.658
	24	0.004	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.000	0.000	0.640	0.640

(Sumber : Hasil analisis)

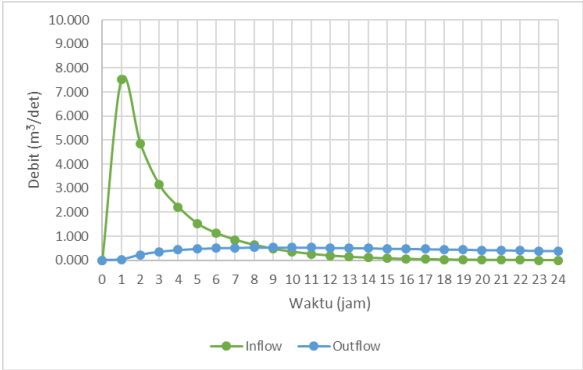


Gambar 4. 32. Hidrograf antara *inflow* dan *outflow* sub DAS S7
(Sumber : Hasil analisis)

Tabel 4. 85. Perhitungan Metode Muskingum pada sub DAS S8

Nama	t	I	K	X	Δt	C1	C2	C3	C1+C2+C3	C1 I2	C2 I1	C3 O1	O
	jam	m³/det	jam		jam					m³/det	m³/det	m³/det	m³/det
S8	0	0.000	35	0.01									0
	1	7.505	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.032	0.000	0.000	0.032
	2	4.857	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.021	0.181	0.031	0.233
	3	3.143	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.013	0.117	0.227	0.358
	4	2.219	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.009	0.076	0.347	0.433
	5	1.533	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.007	0.054	0.421	0.481
	6	1.132	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.005	0.037	0.467	0.509
	7	0.854	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.004	0.027	0.494	0.525
	8	0.640	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.003	0.021	0.511	0.534
	9	0.477	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.002	0.015	0.519	0.536
	10	0.354	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.002	0.012	0.521	0.534
	11	0.262	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.001	0.009	0.519	0.529
	12	0.193	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.001	0.006	0.513	0.521
	13	0.142	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.001	0.005	0.506	0.511
	14	0.104	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.000	0.003	0.497	0.500
	15	0.077	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.000	0.003	0.486	0.489
	16	0.056	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.000	0.002	0.475	0.477
	17	0.041	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.000	0.001	0.464	0.465
	18	0.030	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.000	0.001	0.452	0.453
	19	0.022	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.000	0.001	0.440	0.441
	20	0.016	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.000	0.001	0.428	0.429
	21	0.012	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.000	0.000	0.417	0.417
	22	0.008	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.000	0.000	0.405	0.406
	23	0.006	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.000	0.000	0.394	0.394
	24	0.004	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.000	0.000	0.383	0.383

(Sumber : Hasil analisis)

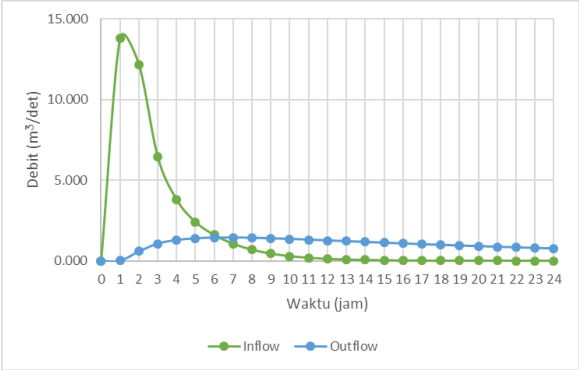


Gambar 4. 33. Hidrograf antara *inflow* dan *outflow* sub DAS S8
(Sumber : Hasil analisis)

Tabel 4. 86. Perhitungan Metode Muskingum pada sub DAS S9

Nama	t	I	K	X	Δt	C1	C2	C3	C1+C2+C3	C1 I2	C2 I1	C3 O1	O
	jam	m³/det	jam		jam					m³/det	m³/det	m³/det	m³/det
S9	0	0.000	35	0.01									0
	1	13.785	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.059	0.000	0.000	0.059
	2	12.159	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.052	0.333	0.057	0.442
	3	6.434	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.027	0.294	0.430	0.751
	4	3.791	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.016	0.156	0.730	0.902
	5	2.402	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.010	0.092	0.876	0.978
	6	1.598	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.007	0.058	0.950	1.015
	7	1.052	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.004	0.039	0.986	1.029
	8	0.689	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.003	0.025	1.000	1.028
	9	0.448	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.002	0.017	0.999	1.018
	10	0.291	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.001	0.011	0.989	1.001
	11	0.188	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.001	0.007	0.972	0.980
	12	0.121	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.001	0.005	0.952	0.957
	13	0.078	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.000	0.003	0.930	0.933
	14	0.050	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.000	0.002	0.907	0.909
	15	0.032	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.000	0.001	0.883	0.884
	16	0.020	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.000	0.001	0.859	0.860
	17	0.013	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.000	0.000	0.836	0.836
	18	0.008	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.000	0.000	0.812	0.813
	19	0.005	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.000	0.000	0.790	0.790
	20	0.003	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.000	0.000	0.767	0.768
	21	0.002	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.000	0.000	0.746	0.746
	22	0.001	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.000	0.000	0.725	0.725
	23	0.001	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.000	0.000	0.704	0.704
	24	0.001	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.000	0.000	0.684	0.684

(Sumber : Hasil analisis)

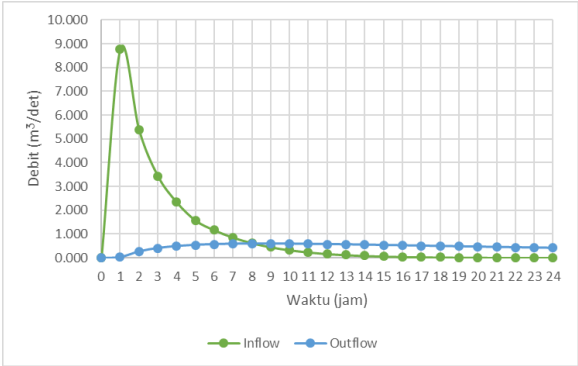


Gambar 4. 34. Hidrograf antara *inflow* dan *outflow* sub DAS S9
(Sumber : Hasil analisis)

Tabel 4. 87. Perhitungan Metode Muskingum pada sub DAS S10

Nama	t	I	K	X	Δt	C1	C2	C3	C1+C2+C3	C1 I2	C2 I1	C3 O1	O
	jam	m³/det	jam		jam					m³/det	m³/det	m³/det	m³/det
S10	0	0.000	35	0.01									0
	1	8.769	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.037	0.000	0.000	0.037
	2	5.370	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.023	0.212	0.036	0.271
	3	3.438	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.015	0.130	0.264	0.408
	4	2.339	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.010	0.083	0.397	0.490
	5	1.573	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.007	0.057	0.476	0.539
	6	1.165	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.005	0.038	0.524	0.567
	7	0.855	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.004	0.028	0.551	0.582
	8	0.623	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.003	0.021	0.566	0.589
	9	0.452	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.002	0.015	0.572	0.589
	10	0.326	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.001	0.011	0.573	0.585
	11	0.235	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.001	0.008	0.568	0.577
	12	0.168	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.001	0.006	0.561	0.567
	13	0.121	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.001	0.004	0.551	0.556
	14	0.086	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.000	0.003	0.540	0.543
	15	0.061	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.000	0.002	0.528	0.530
	16	0.044	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.000	0.001	0.515	0.517
	17	0.031	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.000	0.001	0.502	0.503
	18	0.022	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.000	0.001	0.489	0.490
	19	0.016	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.000	0.001	0.476	0.476
	20	0.011	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.000	0.000	0.463	0.463
	21	0.008	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.000	0.000	0.450	0.450
	22	0.006	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.000	0.000	0.437	0.438
	23	0.004	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.000	0.000	0.425	0.425
	24	0.003	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.000	0.000	0.413	0.413

(Sumber : Hasil analisis)

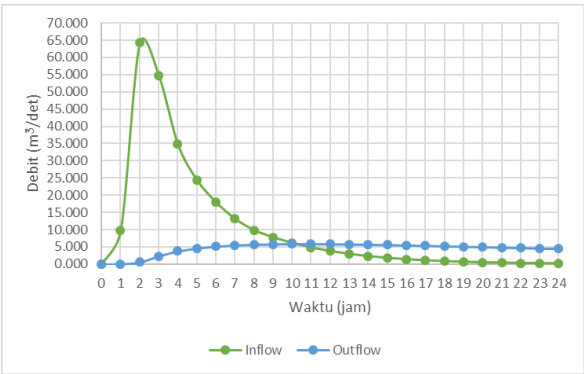


Gambar 4. 35. Hidrograf antara *inflow* dan *outflow* sub DAS S10
(Sumber : Hasil analisis)

Tabel 4. 88. Perhitungan Metode Muskingum pada sub DAS S11

Nama	t jam	I m³/det	K jam	X	Δt jam	C1	C2	C3	C1+C2+C3	C1 I2 m³/det	C2 I1 m³/det	C3 O1 m³/det	O m³/det
S11	0	0.000	35	0.01									0
	1	9.662	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.041	0.000	0.000	0.041
	2	64.253	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.274	0.234	0.040	0.548
	3	54.838	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.234	1.554	0.532	2.320
	4	34.845	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.149	1.326	2.254	3.729
	5	24.447	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.104	0.843	3.623	4.570
	6	18.012	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.077	0.591	4.440	5.108
	7	13.147	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.056	0.436	4.962	5.454
	8	9.860	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.042	0.318	5.299	5.659
	9	7.791	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.033	0.238	5.498	5.770
	10	6.132	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.026	0.188	5.606	5.820
	11	4.809	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.021	0.148	5.655	5.823
	12	3.762	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.016	0.116	5.658	5.790
	13	2.935	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.013	0.091	5.625	5.729
	14	2.286	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.010	0.071	5.566	5.647
	15	1.777	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.008	0.055	5.486	5.549
	16	1.380	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.006	0.043	5.391	5.440
	17	1.070	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.005	0.033	5.285	5.323
	18	0.829	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.004	0.026	5.172	5.201
	19	0.641	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.003	0.020	5.053	5.076
	20	0.495	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.002	0.016	4.931	4.949
	21	0.383	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.002	0.012	4.808	4.822
	22	0.295	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.001	0.009	4.685	4.695
	23	0.228	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.001	0.007	4.562	4.570
	24	0.176	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.001	0.006	4.440	4.446

(Sumber : Hasil analisis)

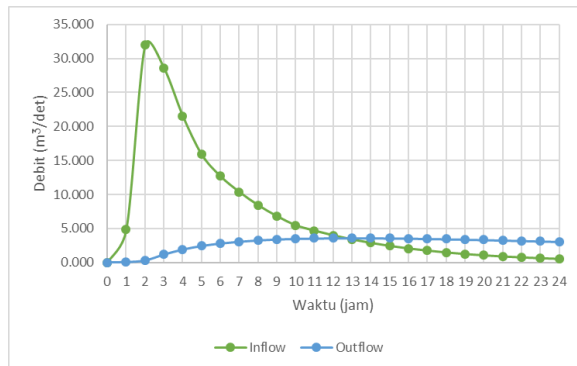


Gambar 4. 36. Hidrograf antara *inflow* dan *outflow* sub DAS S11
(Sumber : Hasil analisis)

Tabel 4. 89. Perhitungan Metode Muskingum pada sub DAS S12

Nama	t	I	K	X	Δt	C1	C2	C3	C1+C2+C3	C1 I2	C2 I1	C3 O1	O
	jam	m ³ /det	jam		jam					m ³ /det	m ³ /det	m ³ /det	m ³ /det
	0	0.000	35	0.01									0
	1	4.808	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.021	0.000	0.000	0.021
	2	31.972	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.136	0.116	0.020	0.273
	3	28.582	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.122	0.773	0.265	1.160
	4	21.540	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.092	0.691	1.127	1.910
	5	15.887	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.068	0.521	1.856	2.444
	6	12.687	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.054	0.384	2.375	2.813
	7	10.375	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.044	0.307	2.733	3.084
	8	8.427	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.036	0.251	2.997	3.283
	9	6.809	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.029	0.204	3.190	3.423
	10	5.478	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.023	0.165	3.325	3.513
	11	4.670	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.020	0.132	3.413	3.566
	12	3.978	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.017	0.113	3.464	3.594
	13	3.381	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.014	0.096	3.492	3.603
	14	2.867	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.012	0.082	3.500	3.594
	15	2.428	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.010	0.069	3.492	3.572
	16	2.053	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.009	0.059	3.470	3.538
	17	1.733	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.007	0.050	3.437	3.494
	18	1.462	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.006	0.042	3.395	3.443
	19	1.232	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.005	0.035	3.345	3.385
	20	1.037	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.004	0.030	3.289	3.323
	21	0.872	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.004	0.025	3.229	3.257
	22	0.733	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.003	0.021	3.165	3.189
	23	0.615	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.003	0.018	3.098	3.119
	24	0.517	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.002	0.015	3.030	3.047

(Sumber : Hasil analisis)

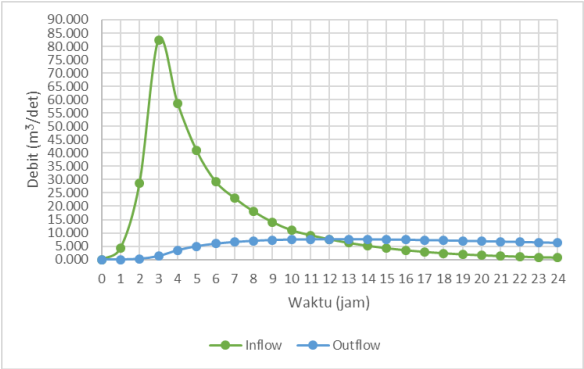
Gambar 4. 37. Hidrograf antara *inflow* dan *outflow* sub DAS S12

(Sumber : Hasil analisis)

Tabel 4. 90. Perhitungan Metode Muskingum pada sub DAS S13

Nama	t	I	K	X	Δt	C1	C2	C3	C1+C2+C3	C1 I2	C2 I1	C3 O1	O
	jam	m³/det	jam		jam					m³/det	m³/det	m³/det	m³/det
S13	0	0.000	35	0.01									0
	1	4.323	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.018	0.000	0.000	0.018
	2	28.751	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.123	0.105	0.018	0.245
	3	82.441	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.352	0.695	0.238	1.285
	4	58.667	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.250	1.994	1.249	3.493
	5	40.860	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.174	1.419	3.393	4.986
	6	29.254	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.125	0.988	4.844	5.957
	7	23.027	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.098	0.707	5.788	6.594
	8	18.001	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.077	0.557	6.406	7.040
	9	13.999	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.060	0.435	6.839	7.334
	10	10.954	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.047	0.339	7.126	7.511
	11	9.092	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.039	0.265	7.297	7.601
	12	7.526	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.032	0.220	7.385	7.637
	13	6.215	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.027	0.182	7.420	7.628
	14	5.123	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.022	0.150	7.411	7.583
	15	4.215	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.018	0.124	7.367	7.509
	16	3.463	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.015	0.102	7.296	7.412
	17	2.841	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.012	0.084	7.201	7.297
	18	2.328	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.010	0.069	7.090	7.168
	19	1.906	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.008	0.056	6.964	7.029
	20	1.559	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.007	0.046	6.829	6.882
	21	1.274	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.005	0.038	6.686	6.729
	22	1.041	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.004	0.031	6.538	6.573
	23	0.849	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.004	0.025	6.386	6.415
	24	0.693	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.003	0.021	6.232	6.256

(Sumber : Hasil analisis)

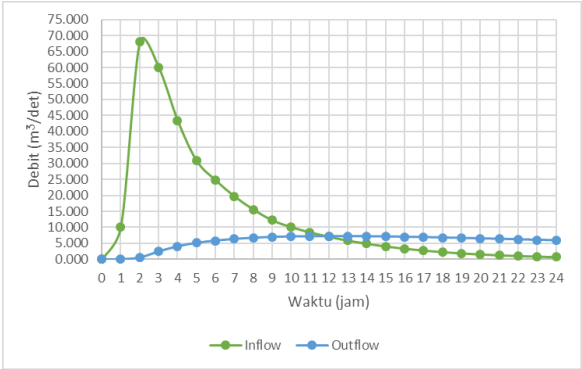


Gambar 4. 38. Hidrograf antara *inflow* dan *outflow* sub DAS S13
(Sumber : Hasil analisis)

Tabel 4. 91. Perhitungan Metode Muskingum pada sub DAS S14

Nama	t	I	K	X	Δt	C1	C2	C3	C1+C2+C3	C1 I2	C2 I1	C3 O1	O
	jam	m ³ /det	jam		jam					m ³ /det	m ³ /det	m ³ /det	m ³ /det
S14	0	0.000	35	0.01									0
	1	10.226	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.044	0.000	0.000	0.044
	2	68.001	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.290	0.247	0.042	0.580
	3	60.023	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.256	1.644	0.563	2.464
	4	43.419	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.185	1.451	2.394	4.031
	5	30.873	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.132	1.050	3.916	5.098
	6	24.800	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.106	0.747	4.953	5.805
	7	19.735	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.084	0.600	5.640	6.324
	8	15.597	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.067	0.477	6.144	6.688
	9	12.263	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.052	0.377	6.497	6.927
	10	10.103	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.043	0.297	6.730	7.070
	11	8.455	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.036	0.244	6.868	7.149
	12	7.056	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.030	0.204	6.945	7.180
	13	5.875	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.025	0.171	6.976	7.171
	14	4.882	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.021	0.142	6.967	7.130
	15	4.050	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.017	0.118	6.927	7.063
	16	3.354	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.014	0.098	6.862	6.974
	17	2.775	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.012	0.081	6.776	6.869
	18	2.293	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.010	0.067	6.673	6.750
	19	1.893	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.008	0.055	6.558	6.622
	20	1.561	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.007	0.046	6.433	6.486
	21	1.286	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.005	0.038	6.301	6.344
	22	1.059	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.005	0.031	6.164	6.199
	23	0.871	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.004	0.026	6.023	6.052
	24	0.717	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.003	0.021	5.880	5.904

(Sumber : Hasil analisis)

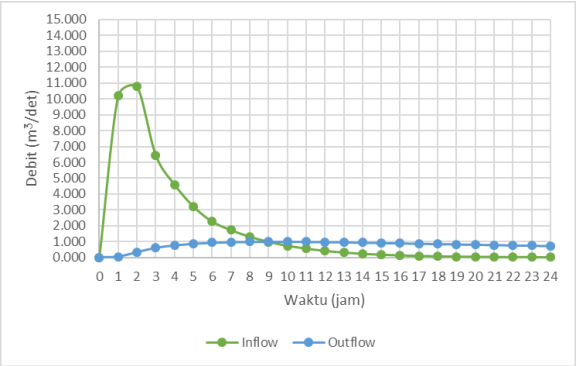


Gambar 4. 39. Hidrograf antara *inflow* dan *outflow* sub DAS S14
(Sumber : Hasil analisis)

Tabel 4. 92. Perhitungan Metode Muskingum pada sub DAS S15

Nama	t	I	K	X	Δt	C1	C2	C3	C1+C2+C3	C1 I2	C2 I1	C3 O1	O
	jam	m³/det	jam		jam					m³/det	m³/det	m³/det	m³/det
S15	0	0.000	35	0.01									0
	1	10.190	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.043	0.000	0.000	0.043
	2	10.784	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.046	0.246	0.042	0.335
	3	6.457	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.028	0.261	0.325	0.614
	4	4.591	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.020	0.156	0.596	0.772
	5	3.211	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.014	0.111	0.750	0.875
	6	2.261	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.010	0.078	0.850	0.937
	7	1.721	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.007	0.055	0.910	0.972
	8	1.302	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.006	0.042	0.945	0.992
	9	0.979	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.004	0.031	0.964	0.999
	10	0.733	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.003	0.024	0.971	0.998
	11	0.548	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.002	0.018	0.969	0.989
	12	0.408	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.002	0.013	0.961	0.976
	13	0.303	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.001	0.010	0.948	0.960
	14	0.225	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.001	0.007	0.932	0.941
	15	0.166	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.001	0.005	0.914	0.920
	16	0.123	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.001	0.004	0.894	0.898
	17	0.091	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.000	0.003	0.873	0.876
	18	0.067	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.000	0.002	0.851	0.854
	19	0.049	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.000	0.002	0.829	0.831
	20	0.036	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.000	0.001	0.808	0.809
	21	0.027	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.000	0.001	0.786	0.787
	22	0.020	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.000	0.001	0.764	0.765
	23	0.014	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.000	0.000	0.743	0.744
	24	0.011	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.000	0.000	0.723	0.723

(Sumber : Hasil analisis)

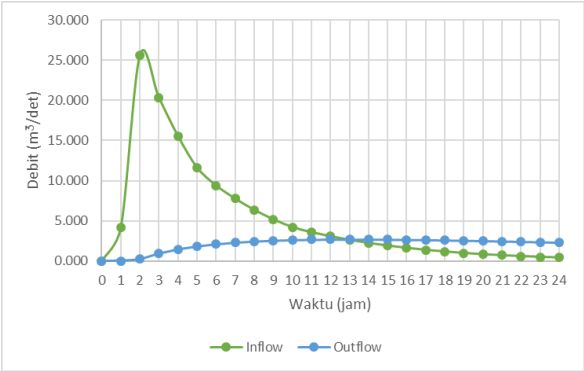


Gambar 4. 40. Hidrograf antara *inflow* dan *outflow* sub DAS S15

Tabel 4. 93. Perhitungan Metode Muskingum pada sub DAS S16

Nama	t	I	K	X	Δt	C1	C2	C3	C1+C2+C3	C1 I2	C2 I1	C3 O1	O
	jam	m³/det	jam		jam					m³/det	m³/det	m³/det	m³/det
S16	0	0.000	35	0.01									0
	1	4.155	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.018	0.000	0.000	0.018
	2	25.563	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.109	0.100	0.017	0.227
	3	20.328	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.087	0.618	0.220	0.925
	4	15.543	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.066	0.492	0.899	1.457
	5	11.632	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.050	0.376	1.415	1.841
	6	9.399	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.040	0.281	1.789	2.110
	7	7.761	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.033	0.227	2.050	2.310
	8	6.365	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.027	0.188	2.245	2.459
	9	5.192	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.022	0.154	2.389	2.566
	10	4.218	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.018	0.126	2.493	2.636
	11	3.583	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.015	0.102	2.561	2.678
	12	3.074	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.013	0.087	2.602	2.702
	13	2.631	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.011	0.074	2.625	2.711
	14	2.248	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.010	0.064	2.634	2.707
	15	1.917	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.008	0.054	2.630	2.692
	16	1.633	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.007	0.046	2.616	2.669
	17	1.389	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.006	0.039	2.593	2.639
	18	1.180	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.005	0.034	2.563	2.602
	19	1.001	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.004	0.029	2.528	2.561
	20	0.849	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.004	0.024	2.488	2.516
	21	0.719	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.003	0.021	2.444	2.468
	22	0.609	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.003	0.017	2.398	2.418
	23	0.515	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.002	0.015	2.349	2.366
	24	0.435	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.002	0.012	2.298	2.313

(Sumber : Hasil analisis)

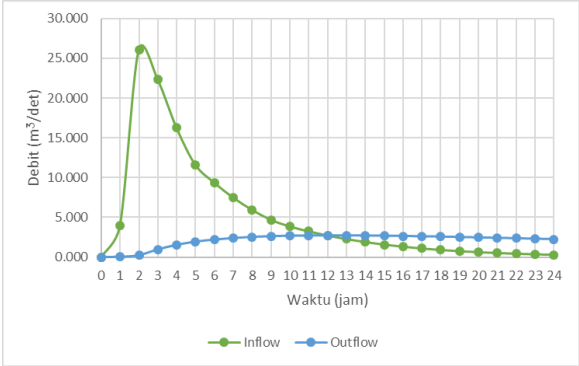


Gambar 4. 41. Hidrograf antara *inflow* dan *outflow* sub DAS S16
(Sumber : Hasil analisis)

Tabel 4. 94. Perhitungan Metode Muskingum pada sub DAS S17

Nama	t	I	K	X	Δt	C1	C2	C3	C1+C2+C3	C1 I2	C2 I1	C3 O1	O
	jam	m³/det	jam		jam					m³/det	m³/det	m³/det	m³/det
S17	0	0.000	35	0.01									0
	1	3.925	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.017	0.000	0.000	0.017
	2	26.104	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.111	0.095	0.016	0.223
	3	22.327	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.095	0.631	0.216	0.943
	4	16.253	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.069	0.540	0.916	1.525
	5	11.597	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.049	0.393	1.482	1.924
	6	9.355	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.040	0.280	1.870	2.190
	7	7.476	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.032	0.226	2.128	2.386
	8	5.933	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.025	0.181	2.318	2.524
	9	4.684	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.020	0.143	2.452	2.616
	10	3.850	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.016	0.113	2.541	2.671
	11	3.232	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.014	0.093	2.595	2.702
	12	2.706	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.012	0.078	2.625	2.715
	13	2.260	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.010	0.065	2.637	2.713
	14	1.884	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.008	0.055	2.635	2.698
	15	1.568	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.007	0.046	2.621	2.674
	16	1.303	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.006	0.038	2.597	2.641
	17	1.081	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.005	0.031	2.566	2.602
	18	0.896	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.004	0.026	2.528	2.558
	19	0.742	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.003	0.022	2.485	2.510
	20	0.614	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.003	0.018	2.438	2.459
	21	0.507	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.002	0.015	2.389	2.406
	22	0.419	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.002	0.012	2.338	2.352
	23	0.346	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.001	0.010	2.285	2.296
	24	0.285	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.001	0.008	2.231	2.241

(Sumber : Hasil analisis)

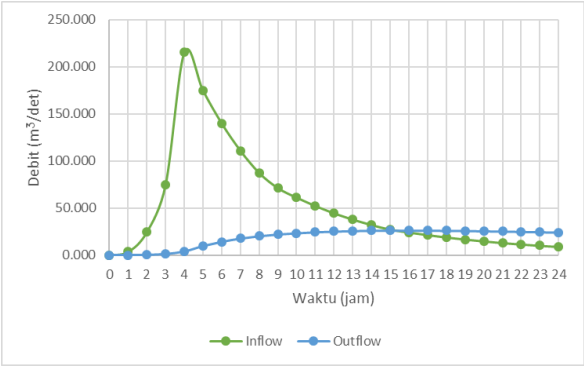


Gambar 4. 42. Hidrograf antara *inflow* dan *outflow* sub DAS S17
(Sumber : Hasil analisis)

Tabel 4. 95. Perhitungan Metode Muskingum pada sub DAS S18

Nama	t	I	K	X	Δt	C1	C2	C3	C1+C2+C3	C1 I2	C2 I1	C3 O1	O
	jam	m³/det	jam		jam					m³/det	m³/det	m³/det	m³/det
S18	0	0.000	35	0.01									0
	1	3.719	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.016	0.000	0.000	0.016
	2	24.734	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.106	0.090	0.015	0.211
	3	74.922	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.320	0.598	0.205	1.123
	4	215.111	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.918	1.812	1.091	3.821
	5	174.560	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.745	5.202	3.712	9.659
	6	139.739	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.596	4.221	9.384	14.201
	7	110.819	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.473	3.379	13.797	17.649
	8	87.282	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.372	2.680	17.147	20.200
	9	71.271	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.304	2.111	19.625	22.040
	10	61.115	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.261	1.723	21.413	23.397
	11	52.232	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.223	1.478	22.731	24.432
	12	44.516	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.190	1.263	23.737	25.190
	13	37.852	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.162	1.076	24.474	25.712
	14	32.122	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.137	0.915	24.980	26.032
	15	27.294	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.116	0.777	25.292	26.185
	16	24.204	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.103	0.660	25.440	26.203
	17	21.437	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.091	0.585	25.458	26.135
	18	18.964	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.081	0.518	25.391	25.991
	19	16.759	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.072	0.459	25.251	25.781
	20	14.796	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.063	0.405	25.048	25.516
	21	13.053	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.056	0.358	24.790	25.204
	22	11.506	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.049	0.316	24.487	24.851
	23	10.136	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.043	0.278	24.144	24.466
	24	8.927	35	0.01	1	0.004	0.024	0.972	1	0.038	0.245	23.770	24.053

(Sumber : Hasil analisis)



Gambar 4. 43. Hidrograf antara *inflow* dan *outflow* sub DAS S18
(Sumber : Hasil analisis)

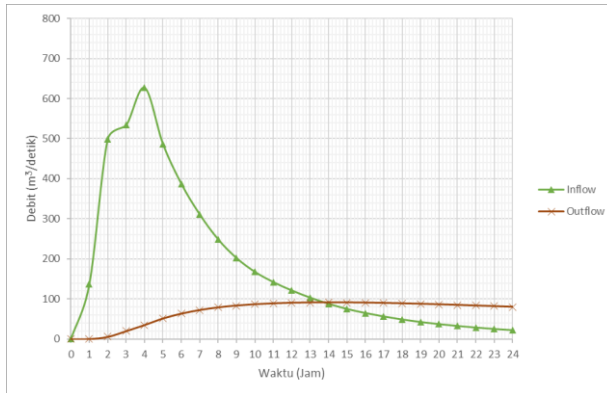
Setelah perhitungan Metode Muskingum pada 19 sub DAS yaitu menyusun hasil perhitungan dengan berdasarkan waktu (jam). Untuk mengetahui total *outflow* pada hilir Sungai Welang (W19) yaitu menjumlahkan *outflow* sub DAS berdasarkan waktu. Hasil perhitungan ini dapat dilihat pada tabel di bawah.

Tabel 4. 96. Total debit keluar (*outflow*) sub DAS yang direncanakan

Jam	W1	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16	S17	S18	Total
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0.019	0.039	0.021	0.027	0.038	0.046	0.006	0.043	0.032	0.059	0.037	0.041	0.021	0.018	0.044	0.043	0.018	0.017	0.016	0.584
2	0.132	0.515	0.272	0.311	0.450	0.333	0.077	0.329	0.233	0.442	0.271	0.548	0.273	0.245	0.580	0.335	0.227	0.223	0.211	6.005
3	0.167	2.188	1.120	1.136	1.690	0.514	0.407	0.593	0.358	0.751	0.408	2.320	1.160	1.285	2.464	0.614	0.925	0.943	1.123	20.165
4	0.180	3.596	1.787	1.640	2.543	0.625	1.499	0.736	0.433	0.902	0.490	3.729	1.910	3.493	4.031	0.772	1.457	1.525	3.821	35.167
5	0.184	4.618	2.285	1.937	3.102	0.696	4.369	0.823	0.481	0.978	0.539	4.570	2.444	4.986	5.098	0.875	1.841	1.924	9.659	51.409
6	0.183	5.336	2.645	2.134	3.483	0.740	6.760	0.871	0.509	1.015	0.567	5.108	2.813	5.957	5.805	0.937	2.110	2.190	14.201	63.365
7	0.180	5.864	2.912	2.256	3.750	0.766	8.712	0.898	0.525	1.029	0.582	5.454	3.084	6.594	6.324	0.972	2.310	2.386	17.649	72.249
8	0.176	6.259	3.117	2.324	3.927	0.779	10.276	0.910	0.534	1.028	0.589	5.659	3.283	7.040	6.688	0.992	2.459	2.524	20.200	78.764
9	0.172	6.542	3.269	2.361	4.035	0.784	11.503	0.911	0.536	1.018	0.589	5.770	3.423	7.334	6.927	0.999	2.566	2.616	22.040	83.395
10	0.167	6.733	3.376	2.375	4.096	0.782	12.445	0.905	0.534	1.001	0.585	5.820	3.513	7.511	7.070	0.998	2.636	2.671	23.397	86.615
11	0.162	6.849	3.446	2.370	4.125	0.775	13.154	0.893	0.529	0.980	0.577	5.823	3.566	7.601	7.149	0.989	2.678	2.702	24.432	88.801
12	0.158	6.914	3.486	2.351	4.127	0.765	13.714	0.878	0.521	0.957	0.567	5.790	3.594	7.637	7.180	0.976	2.702	2.715	25.190	90.222
13	0.153	6.941	3.508	2.322	4.107	0.751	14.155	0.860	0.511	0.933	0.556	5.729	3.603	7.628	7.171	0.960	2.711	2.713	25.712	91.022
14	0.149	6.935	3.512	2.285	4.070	0.736	14.490	0.841	0.500	0.909	0.543	5.647	3.594	7.583	7.130	0.941	2.707	2.698	26.032	91.301
15	0.145	6.901	3.503	2.242	4.018	0.720	14.730	0.820	0.489	0.884	0.530	5.549	3.572	7.509	7.063	0.920	2.692	2.674	26.185	91.146
16	0.141	6.844	3.482	2.195	3.957	0.703	14.888	0.800	0.477	0.860	0.517	5.440	3.538	7.412	6.974	0.898	2.669	2.641	26.203	90.639
17	0.137	6.769	3.451	2.146	3.887	0.686	14.974	0.779	0.465	0.836	0.503	5.323	3.494	7.297	6.869	0.876	2.639	2.602	26.135	89.866
18	0.133	6.678	3.411	2.095	3.811	0.668	14.997	0.758	0.453	0.813	0.490	5.201	3.443	7.168	6.750	0.854	2.602	2.558	25.991	88.872
19	0.129	6.574	3.365	2.043	3.731	0.650	14.967	0.737	0.441	0.790	0.476	5.076	3.385	7.029	6.622	0.831	2.561	2.510	25.781	87.697
20	0.125	6.460	3.312	1.991	3.647	0.633	14.897	0.717	0.429	0.768	0.463	4.949	3.323	6.882	6.486	0.809	2.516	2.459	25.516	86.382
21	0.122	6.339	3.256	1.939	3.562	0.616	14.798	0.697	0.417	0.746	0.450	4.822	3.257	6.729	6.344	0.787	2.468	2.406	25.204	84.958
22	0.118	6.211	3.195	1.887	3.475	0.599	14.673	0.677	0.406	0.725	0.438	4.695	3.189	6.573	6.199	0.765	2.418	2.352	24.851	83.447
23	0.115	6.079	3.132	1.836	3.388	0.582	14.525	0.658	0.394	0.704	0.425	4.570	3.119	6.415	6.052	0.744	2.366	2.296	24.466	81.867
24	0.112	5.944	3.067	1.786	3.302	0.566	14.357	0.640	0.383	0.684	0.413	4.446	3.047	6.256	5.904	0.723	2.313	2.241	24.053	80.236

(Sumber : Hasil analisis)

Berdasarkan tabel di atas, terjadinya debit puncak pada jam 14 sebesar $91.301 \text{ m}^3/\text{detik}$. Sedangkan untuk mengetahui perbedaan *inflow* dan *outflow* dapat dilihat pada grafik perbandingan di bawah ini.



Gambar 4. 44. Hidrograf perbandingan *inflow* dan *outflow* total debit Sub DAS Welang
(Sumber : Hasil analisis)

4.3.2 Analisa *Storage Area* (Tampungan *Retarding Basin*)

Setelah mengetahui nilai *inflow* dan *outflow*, maka akan didapat nilai *storage area* untuk *retarding basin*. Pada studi kasus ini, kolam yang digunakan berbentuk trapesium dengan kemiringan talud 1 : 0.5. Untuk mengetahui nilai *storage area* dilakukan perhitungan sebagai berikut.

$$I = 4.419 \text{ m}^3/\text{det}$$

$$O = 0.163 \text{ m}^3/\text{det}$$

$$I - O = 4.419 - 0.163 = 4.256 \text{ m}^3/\text{det}$$

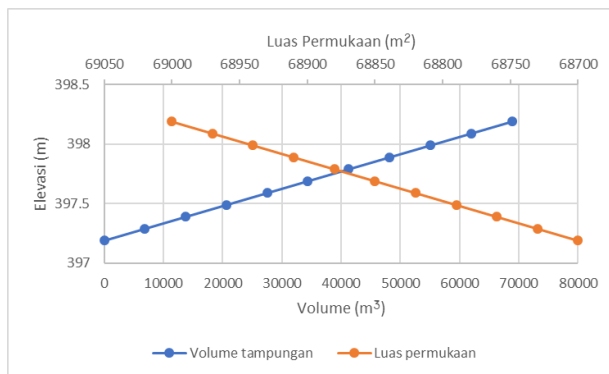
$$(I - O)_{rata-rata} = \frac{0 + 4.256}{2} = 2.128 \text{ m}^3/\text{det}$$

$$S (\text{Volume}) = 2.295 \times 3600 = 7661 \text{ m}^3$$

Tabel 4. 97. Penentuan volume kolam retensi sub DAS W1

Lokasi	Elevasi m	Luas Permukaan m ²	Volume m ³
W1	397.19	68700	0
	397.29	68730	6873
	397.39	68760	13749
	397.49	68790	20628
	397.59	68820	27510
	397.69	68850	34395
	397.79	68880	41283
	397.89	68910	48174
	397.99	68940	55068
	398.09	68970	61965
	398.19	69000	68865

(Sumber : Hasil analisis)



Gambar 4. 45. Kurva hubungan elevasi-luas permukaan dan elevasi-volume kolam retensi sub DAS W1

(Sumber : Hasil analisis)

Tabel 4. 98. Perhitungan *storage area* untuk sub DAS W1

Nama	Waktu jam	Inflow m ³ /det	Outflow m ³ /det	(I - O) m ³ /det	(I - O) rata-rata	Δt S	S m ³ /det	S m ³
W1	0	0	0	0		0	0	0
	1	4.419	0.019	4.400	2.200	2.200	2.200	7920
	2	1.512	0.132	1.380	2.890	2.890	5.090	18325
	3	0.667	0.167	0.500	0.940	0.940	6.030	21709
	4	0.340	0.180	0.160	0.330	0.330	6.360	22897
	5	0.170	0.184	-0.014	0.073	0.073	6.433	23159
	6	0.083	0.183	-0.100	-0.057	-0.057	6.376	22954
	7	0.041	0.180	-0.140	-0.120	-0.120	6.256	22523
	8	0.020	0.176	-0.156	-0.148	-0.148	6.108	21990
	9	0.009	0.172	-0.162	-0.159	-0.159	5.949	21417
	10	0.005	0.167	-0.162	-0.162	-0.162	5.787	20833
	11	0.002	0.162	-0.160	-0.161	-0.161	5.626	20252
	12	0.001	0.158	-0.157	-0.158	-0.158	5.467	19681
	13	0.000	0.153	-0.153	-0.155	-0.155	5.312	19124
	14	0.000	0.149	-0.149	-0.151	-0.151	5.162	18581
	15	0.000	0.145	-0.145	-0.147	-0.147	5.015	18053
	16	0.000	0.141	-0.141	-0.143	-0.143	4.872	17540
	17	0.000	0.137	-0.137	-0.139	-0.139	4.734	17041
	18	0.000	0.133	-0.133	-0.135	-0.135	4.599	16557
	19	0.000	0.129	-0.129	-0.131	-0.131	4.468	16086
	20	0.000	0.125	-0.125	-0.127	-0.127	4.341	15628
	21	0.000	0.122	-0.122	-0.124	-0.124	4.218	15183
	22	0.000	0.118	-0.118	-0.120	-0.120	4.098	14751
	23	0.000	0.115	-0.115	-0.117	-0.117	3.981	14332
	24	0.000	0.112	-0.112	-0.113	-0.113	3.868	13924

(Sumber : Hasil analisis)

Tabel 4. 99. Penentuan volume kolam retensi sub DAS S1

Lokasi	Elevasi m	Luas Permukaan m ²	Volume m ³
S1	586	477077	0
	586.1	477177	47718
	586.2	477277	95445
	586.3	477377	143183
	586.4	477477	190931
	586.5	477577	238689
	586.6	477677	286456
	586.7	477777	334234
	586.8	477877	382022
	586.9	477977	429820
	587	478077	477627
	587.1	478177	525445
	587.2	478277	573273
	587.3	478377	621111
	587.4	478477	668958
	587.5	478577	716816
	587.6	478677	764684
	587.7	478777	812562
	587.8	478877	860449
	587.9	478977	908347
	588	479077	956255

(Sumber : Hasil analisis)



Gambar 4. 46. Kurva hubungan elevasi-luas permukaan dan elevasi-volume kolam retensi sub DAS S1

(Sumber : Hasil analisis)

Tabel 4. 100. Perhitungan *storage area* untuk sub DAS S1

Nama	Waktu jam	Inflow m ³ /det	Outflow m ³ /det	(I - O) m ³ /det	(I - O) rata-rata	Δt S	S m ³ /det	S m ³
	0	0	0	0		0	0	0
	1	9.074	0.039	9.036	4.518	4.518	4.518	16264
	2	60.343	0.515	59.829	34.432	34.432	38.950	140220
	3	53.555	2.188	51.367	55.598	55.598	94.548	340374
	4	41.064	3.596	37.469	44.418	44.418	138.966	500278
	5	30.817	4.618	26.199	31.834	31.834	170.800	614880
	6	24.524	5.336	19.187	22.693	22.693	193.493	696574
	7	20.288	5.864	14.424	16.806	16.806	210.298	757074
	8	16.669	6.259	10.410	12.417	12.417	222.715	801776
	9	13.624	6.542	7.082	8.746	8.746	231.462	833262
	10	11.090	6.733	4.357	5.719	5.719	237.181	853851
	11	9.329	6.849	2.480	3.418	3.418	240.599	866157
S1	12	8.016	6.914	1.102	1.791	1.791	242.390	872603
	13	6.871	6.941	-0.069	0.516	0.516	242.906	874461
	14	5.879	6.935	-1.056	-0.563	-0.563	242.343	872436
	15	5.021	6.901	-1.880	-1.468	-1.468	240.875	867151
	16	4.282	6.844	-2.562	-2.221	-2.221	238.654	859155
	17	3.647	6.769	-3.122	-2.842	-2.842	235.812	848923
	18	3.102	6.678	-3.575	-3.348	-3.348	232.464	836869
	19	2.637	6.574	-3.937	-3.756	-3.756	228.707	823347
	20	2.239	6.460	-4.222	-4.079	-4.079	224.628	808661
	21	1.899	6.339	-4.439	-4.331	-4.331	220.297	793071
	22	1.610	6.211	-4.601	-4.520	-4.520	215.777	776797
	23	1.364	6.079	-4.715	-4.658	-4.658	211.119	760028
	24	1.155	5.944	-4.789	-4.752	-4.752	206.367	742920

(Sumber : Hasil analisis)

Tabel 4. 101. Penentuan volume kolam retensi sub DAS S2

Lokasi	Elevasi m	Luas Permukaan m ²	Volume m ³
S2	1001.27	509003	0
	1001.37	509103	50910
	1001.47	509203	101831
	1001.57	509303	152761
	1001.67	509403	203701
	1001.77	509503	254651
	1001.87	509603	305612
	1001.97	509703	356582
	1002.07	509803	407562
	1002.17	509903	458553
	1002.27	510003	509553
	1002.37	510103	560563
	1002.47	510203	611584
	1002.57	510303	662614
	1002.67	510403	713654
	1002.77	510503	764704
	1002.87	510603	815765
	1002.97	510703	866835
	1003.07	510803	917915
	1003.17	510903	969006
	1003.27	511003	1020106

(Sumber : Hasil analisis)



Gambar 4. 47. Kurva hubungan elevasi-luas permukaan dan elevasi-volume kolam retensi sub DAS S2

(Sumber : Hasil analisis)

Tabel 4. 102. Perhitungan *storage area* untuk sub DAS S2

Nama	Waktu	Inflow	Outflow	(I - O)	(I - O)	Δt S	S	
	jam	m ³ /det	m ³ /det	m ³ /det	rata-rata		m ³ /det	m ³
S2	0	0	0	0		0	0	0
	1	4.936	0.021	4.915	2.457	2.457	2.457	8847
	2	30.938	0.272	30.666	17.790	17.790	20.248	72892
	3	25.357	1.120	24.237	27.451	27.451	47.699	171717
	4	19.983	1.787	18.196	21.217	21.217	68.916	248097
	5	15.413	2.285	13.128	15.662	15.662	84.578	304480
	6	12.308	2.645	9.663	11.395	11.395	95.973	345503
	7	10.370	2.912	7.458	8.561	8.561	104.534	376321
	8	8.678	3.117	5.561	6.509	6.509	111.043	399755
	9	7.223	3.269	3.954	4.757	4.757	115.801	416882
	10	5.988	3.376	2.611	3.283	3.283	119.083	428700
	11	4.955	3.446	1.509	2.060	2.060	121.143	436116
	12	4.316	3.486	0.830	1.169	1.169	122.313	440325
	13	3.751	3.508	0.243	0.536	0.536	122.849	442256
	14	3.253	3.512	-0.259	-0.008	-0.008	122.841	442228
	15	2.817	3.503	-0.686	-0.473	-0.473	122.368	440526
	16	2.435	3.482	-1.047	-0.866	-0.866	121.502	437407
	17	2.103	3.451	-1.348	-1.197	-1.197	120.305	433097
	18	1.814	3.411	-1.598	-1.473	-1.473	118.832	427795
	19	1.562	3.365	-1.802	-1.700	-1.700	117.132	421675
	20	1.345	3.312	-1.968	-1.885	-1.885	115.247	414890
	21	1.157	3.256	-2.099	-2.033	-2.033	113.214	407570
	22	0.994	3.195	-2.201	-2.150	-2.150	111.064	399830
	23	0.854	3.132	-2.278	-2.240	-2.240	108.824	391766
	24	0.733	3.067	-2.334	-2.306	-2.306	106.518	383465

(Sumber : Hasil analisis)

Tabel 4. 103. Penentuan volume kolam retensi sub DAS S3

Lokasi	Elevasi m	Luas Permukaan m ²	Volume m ³
S3	707.35	433794	0
	707.45	433894	43389
	707.55	433994	86789
	707.65	434094	130198
	707.75	434194	173618
	707.85	434294	217047
	707.95	434394	260487
	708.05	434494	303936
	708.15	434594	347395
	708.25	434694	390865
	708.35	434794	434344
	708.45	434894	477834
	708.55	434994	521333
	708.65	435094	564842
	708.75	435194	608362
	708.85	435294	651891
	708.95	435394	695431
	709.05	435494	738980
	709.15	435594	782540
	709.25	435694	826109
	709.35	435794	869688

(Sumber : Hasil analisis)



Gambar 4. 48. Kurva hubungan elevasi-luas permukaan dan elevasi-volume kolam retensi sub DAS S3

(Sumber : Hasil analisis)

Tabel 4. 104. Perhitungan *storage area* untuk sub DAS S3

Nama	Waktu jam	Inflow m ³ /det	Outflow m ³ /det	(I - O) m ³ /det	(I - O) rata-rata	Δt S	S m ³ /det	S m ³
	0	0	0	0		0	0	0
	1	6.302	0.027	6.275	3.137	3.137	3.137	11295
	2	30.953	0.311	30.642	18.459	18.459	21.596	77745
	3	19.991	1.136	18.855	24.749	24.749	46.345	166841
	4	12.563	1.640	10.922	14.889	14.889	61.234	220442
	5	9.240	1.937	7.303	9.113	9.113	70.347	253248
	6	6.704	2.134	4.571	5.937	5.937	76.284	274621
	7	4.819	2.256	2.563	3.567	3.567	79.851	287462
	8	3.751	2.324	1.427	1.995	1.995	81.846	294644
	9	2.930	2.361	0.569	0.998	0.998	82.844	298237
	10	2.280	2.375	-0.095	0.237	0.237	83.081	299091
	11	1.768	2.370	-0.602	-0.348	-0.348	82.732	297837
S3	12	1.367	2.351	-0.984	-0.793	-0.793	81.939	294982
	13	1.054	2.322	-1.267	-1.126	-1.126	80.814	290929
	14	0.812	2.285	-1.473	-1.370	-1.370	79.444	285998
	15	0.624	2.242	-1.618	-1.545	-1.545	77.899	280435
	16	0.479	2.195	-1.716	-1.667	-1.667	76.231	274433
	17	0.367	2.146	-1.779	-1.748	-1.748	74.484	268142
	18	0.281	2.095	-1.814	-1.796	-1.796	72.687	261675
	19	0.215	2.043	-1.828	-1.821	-1.821	70.866	255119
	20	0.164	1.991	-1.827	-1.827	-1.827	69.039	248541
	21	0.125	1.939	-1.813	-1.820	-1.820	67.219	241989
	22	0.096	1.887	-1.791	-1.802	-1.802	65.417	235501
	23	0.073	1.836	-1.763	-1.777	-1.777	63.640	229103
	24	0.056	1.786	-1.730	-1.747	-1.747	61.893	222815

(Sumber : Hasil analisis)

Tabel 4. 105. Penentuan volume kolam retensi sub DAS S4

Lokasi	Elevasi m	Luas Permukaan m ²	Volume m ³
S4	385.25	378909	0
	385.35	379109	37911
	385.45	379309	75842
	385.55	379509	113793
	385.65	379709	151764
	385.75	379909	189755
	385.85	380109	227766
	385.95	380309	265796
	386.05	380509	303847
	386.15	380709	341918
	386.25	380909	380009
	386.35	381109	418120
	386.45	381309	456251
	386.55	381509	494402
	386.65	381709	532573
	386.75	381909	570764
	386.85	382109	608975
	386.95	382309	647206
	387.05	382509	685457
	387.15	382709	723728
	387.25	382909	762019

(Sumber : Hasil analisis)



Gambar 4. 49. Kurva hubungan elevasi-luas permukaan dan elevasi-volume kolam retensi sub DAS S4

(Sumber : Hasil analisis)

Tabel 4. 106. Perhitungan *storage area* untuk sub DAS S4

Nama	Waktu jam	Inflow m ³ /det	Outflow m ³ /det	(I - O) m ³ /det	(I - O) rata-rata	Δt S	S m ³ /det	S m ³
	0	0	0	0		0	0	0
	1	8.983	0.038	8.944	4.472	4.472	4.472	16100
	2	45.927	0.450	45.477	27.211	27.211	31.683	114058
	3	33.203	1.690	31.513	38.495	38.495	70.178	252641
	4	23.080	2.543	20.537	26.025	26.025	96.203	346332
	5	17.041	3.102	13.939	17.238	17.238	113.441	408389
	6	13.330	3.483	9.847	11.893	11.893	125.335	451204
	7	10.330	3.750	6.580	8.214	8.214	133.548	480773
	8	7.950	3.927	4.023	5.301	5.301	138.849	499858
	9	6.375	4.035	2.340	3.181	3.181	142.031	511311
	10	5.247	4.096	1.151	1.745	1.745	143.776	517594
	11	4.304	4.125	0.179	0.665	0.665	144.441	519988
S4	12	3.521	4.127	-0.605	-0.213	-0.213	144.228	519221
	13	2.874	4.107	-1.233	-0.919	-0.919	143.309	515913
	14	2.341	4.070	-1.728	-1.480	-1.480	141.829	510583
	15	1.904	4.018	-2.115	-1.921	-1.921	139.907	503666
	16	1.546	3.957	-2.411	-2.263	-2.263	137.644	495520
	17	1.254	3.887	-2.633	-2.522	-2.522	135.122	486441
	18	1.015	3.811	-2.796	-2.714	-2.714	132.408	476668
	19	0.822	3.731	-2.909	-2.852	-2.852	129.556	466400
	20	0.664	3.647	-2.983	-2.946	-2.946	126.610	455795
	21	0.537	3.562	-3.025	-3.004	-3.004	123.605	444980
	22	0.433	3.475	-3.042	-3.034	-3.034	120.572	434058
	23	0.349	3.388	-3.039	-3.041	-3.041	117.531	423111
	24	0.282	3.302	-3.020	-3.030	-3.030	114.501	412205

(Sumber : Hasil analisis)

Tabel 4. 107. Penentuan volume kolam retensi sub DAS S5

Lokasi	Elevasi m	Luas Permukaan m ²	Volume m ³
S5	450.75	119200	0
	450.85	119240	11924
	450.95	119280	23852
	451.05	119320	35784
	451.15	119360	47720
	451.25	119400	59660
	451.35	119440	71604
	451.45	119480	83552
	451.55	119520	95504
	451.65	119560	107460
	451.75	119600	119420
	451.85	119640	131384
	451.95	119680	143352
	452.05	119720	155324
	452.15	119760	167300
	452.25	119800	179280
	452.35	119840	191264
	452.45	119880	203252
	452.55	119920	215244
	452.65	119960	227240
	452.75	120000	239240

(Sumber : Hasil analisis)



Gambar 4. 50. Kurva hubungan elevasi-luas permukaan dan elevasi-volume kolam retensi sub DAS S5

(Sumber : Hasil analisis)

Tabel 4. 108. Perhitungan *storage area* untuk sub DAS S5

Nama	Waktu	Inflow	Outflow	(I - O)	(I - O)	Δt S	S	
	jam	m ³ /det	m ³ /det	m ³ /det	rata-rata		m ³ /det	m ³
S5	0	0	0	0		0	0	0
	1	10.677	0.046	10.631	5.316	5.316	5.316	19136
	2	7.063	0.333	6.730	8.681	8.681	13.996	50387
	3	4.609	0.514	4.096	5.413	5.413	19.409	69873
	4	3.302	0.625	2.677	3.387	3.387	22.796	82065
	5	2.315	0.696	1.618	2.148	2.148	24.944	89797
	6	1.704	0.740	0.964	1.291	1.291	26.235	94445
	7	1.300	0.766	0.534	0.749	0.749	26.984	97141
	8	0.985	0.779	0.205	0.370	0.370	27.353	98472
	9	0.742	0.784	-0.042	0.081	0.081	27.435	98765
	10	0.557	0.782	-0.225	-0.134	-0.134	27.301	98283
	11	0.417	0.775	-0.359	-0.292	-0.292	27.009	97232
	12	0.311	0.765	-0.454	-0.406	-0.406	26.602	95769
	13	0.231	0.751	-0.520	-0.487	-0.487	26.115	94016
	14	0.172	0.736	-0.565	-0.542	-0.542	25.573	92063
	15	0.127	0.720	-0.593	-0.579	-0.579	24.994	89980
	16	0.094	0.703	-0.609	-0.601	-0.601	24.394	87817
	17	0.070	0.686	-0.616	-0.612	-0.612	23.781	85613
	18	0.051	0.668	-0.617	-0.616	-0.616	23.165	83394
	19	0.038	0.650	-0.612	-0.615	-0.615	22.551	81182
	20	0.028	0.633	-0.605	-0.609	-0.609	21.942	78991
	21	0.021	0.616	-0.595	-0.600	-0.600	21.342	76830
	22	0.015	0.599	-0.584	-0.589	-0.589	20.752	74709
	23	0.011	0.582	-0.571	-0.577	-0.577	20.175	72631
	24	0.008	0.566	-0.558	-0.564	-0.564	19.611	70599

(Sumber : Hasil analisis)

Tabel 4. 109. Penentuan volume kolam retensi sub DAS S6

Lokasi	Elevasi m	Luas Permukaan m ²	Volume m ³
S6	1738	942550	0
	1738.1	942690	94269
	1738.2	942830	188552
	1738.3	942970	282849
	1738.4	943110	377160
	1738.5	943250	471485
	1738.6	943390	565824
	1738.7	943530	660177
	1738.8	943670	754544
	1738.9	943810	848925
	1739	943950	943320
	1739.1	944090	1037729
	1739.2	944230	1132152
	1739.3	944370	1226589
	1739.4	944510	1321040
	1739.5	944650	1415505
	1739.6	944790	1509985
	1739.7	944930	1604478
	1739.8	945070	1698985
	1739.9	945210	1793506
	1740	945350	1888041
	1740.1	945490	1982590
	1740.2	945630	2077153
	1740.3	945770	2171730
	1740.4	945910	2266321
	1740.5	946050	2360926
	1740.6	946190	2455545
	1740.7	946330	2550178
	1740.8	946470	2644825
	1740.9	946610	2739486
	1741	946750	2834161

(Sumber : Hasil analisis)



Gambar 4. 51. Kurva hubungan elevasi-luas permukaan dan elevasi-volume kolam retensi sub DAS S6

(Sumber : Hasil analisis)

Tabel 4. 110. Perhitungan *storage area* untuk sub DAS S6

Nama	Waktu jam	Inflow m ³ /det	Outflow m ³ /det	(I - O) m ³ /det	(I - O) rata-rata	Δt S	S m ³ /det	S m ³
	0	0	0	0		0	0	0
	1	1.349	0.006	1.344	0.672	0.672	0.672	2419
	2	8.973	0.077	8.897	5.120	5.120	5.792	20852
	3	27.182	0.407	26.774	17.836	17.836	23.628	85060
	4	104.499	1.499	103.000	64.887	64.887	88.515	318653
	5	90.407	4.369	86.037	94.519	94.519	183.033	658920
	6	77.157	6.760	70.397	78.217	78.217	261.251	940502
	7	65.235	8.712	56.522	63.460	63.460	324.710	1168958
	8	54.776	10.276	44.501	50.512	50.512	375.222	1350799
	9	45.754	11.503	34.251	39.376	39.376	414.598	1492552
	10	38.060	12.445	25.615	29.933	29.933	444.531	1600311
	11	33.408	13.154	20.254	22.935	22.935	467.465	1682875
S6	12	29.714	13.714	16.000	18.127	18.127	485.592	1748133
	13	26.368	14.155	12.213	14.107	14.107	499.699	1798916
	14	23.352	14.490	8.863	10.538	10.538	510.237	1836852
	15	20.646	14.730	5.916	7.389	7.389	517.626	1863454
	16	18.227	14.888	3.338	4.627	4.627	522.253	1880111
	17	16.070	14.974	1.096	2.217	2.217	524.470	1888092
	18	14.151	14.997	-0.845	0.125	0.125	524.595	1888543
	19	12.699	14.967	-2.267	-1.556	-1.556	523.039	1882940
	20	11.577	14.897	-3.320	-2.794	-2.794	520.245	1872882
	21	10.545	14.798	-4.253	-3.787	-3.787	516.458	1859250
	22	9.598	14.673	-5.075	-4.664	-4.664	511.794	1842459
	23	8.730	14.525	-5.795	-5.435	-5.435	506.359	1822891
	24	7.939	14.357	-6.418	-6.107	-6.107	500.252	1800906

(Sumber : Hasil analisis)

Tabel 4. 111. Penentuan volume kolam retensi sub DAS S7

Lokasi	Elevasi m	Luas Permukaan m ²	Volume m ³
S7	338.52	110074	0
	338.62	110114	11011
	338.72	110154	22027
	338.82	110194	33046
	338.92	110234	44070
	339.02	110274	55097
	339.12	110314	66129
	339.22	110354	77164
	339.32	110394	88203
	339.42	110434	99247
	339.52	110474	110294
	339.62	110514	121346
	339.72	110554	132401
	339.82	110594	143461
	339.92	110634	154524
	340.02	110674	165591
	340.12	110714	176663
	340.22	110754	187738
	340.32	110794	198818
	340.42	110834	209901
	340.52	110881	220989

(Sumber : Hasil analisis)



Gambar 4. 52. Kurva hubungan elevasi-luas permukaan dan elevasi-volume kolam retensi sub DAS S7

(Sumber : Hasil analisis)

Tabel 4. 112. Perhitungan *storage area* untuk sub DAS S7

Nama	Waktu jam	Inflow m ³ /det	Outflow m ³ /det	(I - O) m ³ /det	(I - O) rata-rata	Δt S	S m ³ /det	S m ³
	0	0	0	0		0	0	0
	1	10.064	0.043	10.021	5.011	5.011	5.011	18038
	2	10.262	0.329	9.933	9.977	9.977	14.988	53956
	3	5.905	0.593	5.312	7.622	7.622	22.610	81396
	4	3.993	0.736	3.257	4.284	4.284	26.894	96820
	5	2.643	0.823	1.820	2.538	2.538	29.433	105958
	6	1.880	0.871	1.009	1.414	1.414	30.847	111049
	7	1.373	0.898	0.475	0.742	0.742	31.589	113720
	8	0.996	0.910	0.087	0.281	0.281	31.870	114732
	9	0.719	0.911	-0.192	-0.053	-0.053	31.817	114543
	10	0.517	0.905	-0.388	-0.290	-0.290	31.528	113500
	11	0.370	0.893	-0.523	-0.455	-0.455	31.072	111861
S7	12	0.265	0.878	-0.613	-0.568	-0.568	30.504	109816
	13	0.189	0.860	-0.671	-0.642	-0.642	29.862	107504
	14	0.134	0.841	-0.706	-0.689	-0.689	29.173	105024
	15	0.095	0.820	-0.725	-0.716	-0.716	28.457	102447
	16	0.068	0.800	-0.732	-0.729	-0.729	27.729	99824
	17	0.048	0.779	-0.731	-0.731	-0.731	26.997	97191
	18	0.034	0.758	-0.724	-0.727	-0.727	26.270	94572
	19	0.024	0.737	-0.713	-0.719	-0.719	25.551	91985
	20	0.017	0.717	-0.700	-0.707	-0.707	24.845	89441
	21	0.012	0.697	-0.685	-0.692	-0.692	24.152	86948
	22	0.008	0.677	-0.669	-0.677	-0.677	23.475	84511
	23	0.006	0.658	-0.652	-0.661	-0.661	22.814	82132
	24	0.004	0.640	-0.636	-0.644	-0.644	22.170	79814

(Sumber : Hasil analisis)

Tabel 4. 113. Penentuan volume kolam retensi sub DAS S8

Lokasi	Elevasi m	Luas Permukaan m ²	Volume m ³
S8	536.64	102436	0
	536.74	102476	10248
	536.84	102516	20499
	536.94	102556	30755
	537.04	102596	41014
	537.14	102636	51278
	537.24	102676	61545
	537.34	102716	71817
	537.44	102756	82093
	537.54	102796	92372
	537.64	102836	102656
	537.74	102876	112943
	537.84	102916	123235
	537.94	102956	133530
	538.04	102996	143830
	538.14	103036	154133
	538.24	103076	164441
	538.34	103116	174753
	538.44	103156	185068
	538.54	103196	195388
	538.64	103236	205711

(Sumber : Hasil analisis)



Gambar 4. 53. Kurva hubungan elevasi-luas permukaan dan elevasi-volume kolam retensi sub DAS S8

(Sumber : Hasil analisis)

Tabel 4. 114. Perhitungan *storage area* untuk sub DAS S8

Nama	Waktu jam	Inflow m ³ /det	Outflow m ³ /det	(I - O) m ³ /det	(I - O) rata-rata	Δt S	S m ³ /det	S m ³
	0	0	0	0		0	0	0
	1	7.505	0.032	7.473	3.737	3.737	3.737	13452
	2	4.857	0.233	4.624	6.048	6.048	9.785	35225
	3	3.143	0.358	2.785	3.704	3.704	13.489	48561
	4	2.219	0.433	1.786	2.286	2.286	15.775	56789
	5	1.533	0.481	1.052	1.419	1.419	17.194	61897
	6	1.132	0.509	0.623	0.837	0.837	18.031	64912
	7	0.854	0.525	0.328	0.476	0.476	18.507	66624
	8	0.640	0.534	0.106	0.217	0.217	18.724	67406
	9	0.477	0.536	-0.059	0.023	0.023	18.747	67490
	10	0.354	0.534	-0.180	-0.120	-0.120	18.628	67059
	11	0.262	0.529	-0.267	-0.223	-0.223	18.404	66255
S8	12	0.193	0.521	-0.327	-0.297	-0.297	18.107	65186
	13	0.142	0.511	-0.369	-0.348	-0.348	17.759	63933
	14	0.104	0.500	-0.396	-0.382	-0.382	17.377	62556
	15	0.077	0.489	-0.412	-0.404	-0.404	16.972	61101
	16	0.056	0.477	-0.421	-0.417	-0.417	16.556	59601
	17	0.041	0.465	-0.424	-0.423	-0.423	16.133	58079
	18	0.030	0.453	-0.423	-0.424	-0.424	15.709	56554
	19	0.022	0.441	-0.419	-0.421	-0.421	15.288	55038
	20	0.016	0.429	-0.413	-0.416	-0.416	14.872	53540
	21	0.012	0.417	-0.406	-0.409	-0.409	14.463	52066
	22	0.008	0.406	-0.397	-0.401	-0.401	14.061	50621
	23	0.006	0.394	-0.388	-0.393	-0.393	13.669	49207
	24	0.004	0.383	-0.379	-0.384	-0.384	13.285	47826

(Sumber : Hasil analisis)

Tabel 4. 115. Penentuan volume kolam retensi sub DAS S9

Lokasi	Elevasi m	Luas Permukaan m ²	Volume m ³
S9	348.76	121389	0
	348.86	121429	12143
	348.96	121469	24290
	349.06	121509	36441
	349.16	121549	48596
	349.26	121589	60755
	349.36	121629	72918
	349.46	121669	85084
	349.56	121709	97255
	349.66	121749	109430
	349.76	121789	121609
	349.86	121829	133792
	349.96	121869	145979
	350.06	121909	158170
	350.16	121949	170365
	350.26	121989	182564
	350.36	122029	194767
	350.46	122069	206974
	350.56	122109	219185
	350.66	122149	231400
	350.76	122189	243618

(Sumber : Hasil analisis)



Gambar 4. 54. Kurva hubungan elevasi-luas permukaan dan elevasi-volume kolam retensi sub DAS S9

(Sumber : Hasil analisis)

Tabel 4. 116. Perhitungan storage area untuk sub DAS S9

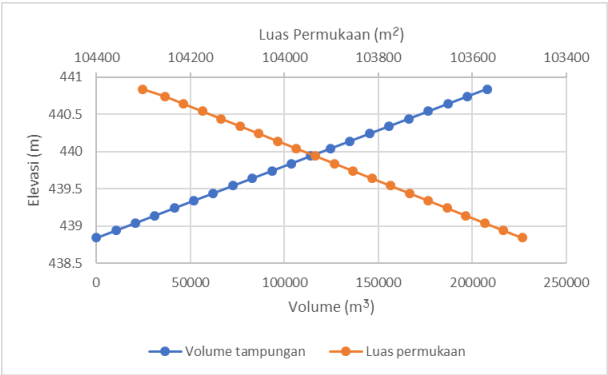
Nama	Waktu jam	Inflow m ³ /det	Outflow m ³ /det	(I - O) m ³ /det	(I - O) rata-rata	Δt S	S m ³ /det	S m ³
	0	0	0	0		0	0	0
	1	13.785	0.059	13.727	6.863	6.863	6.863	24708
	2	12.159	0.442	11.717	12.722	12.722	19.585	70506
	3	6.434	0.751	5.683	8.700	8.700	28.285	101825
	4	3.791	0.902	2.889	4.286	4.286	32.571	117255
	5	2.402	0.978	1.424	2.157	2.157	34.727	125019
	6	1.598	1.015	0.582	1.003	1.003	35.731	128631
	7	1.052	1.029	0.023	0.303	0.303	36.034	129721
	8	0.689	1.028	-0.340	-0.158	-0.158	35.875	129151
	9	0.448	1.018	-0.570	-0.455	-0.455	35.421	127514
	10	0.291	1.001	-0.710	-0.640	-0.640	34.781	125211
	11	0.188	0.980	-0.793	-0.751	-0.751	34.029	122506
S9	12	0.121	0.957	-0.836	-0.814	-0.814	33.215	119573
	13	0.078	0.933	-0.856	-0.846	-0.846	32.369	116528
	14	0.050	0.909	-0.859	-0.857	-0.857	31.511	113441
	15	0.032	0.884	-0.852	-0.856	-0.856	30.656	110360
	16	0.020	0.860	-0.840	-0.846	-0.846	29.810	107314
	17	0.013	0.836	-0.823	-0.831	-0.831	28.978	104321
	18	0.008	0.813	-0.804	-0.814	-0.814	28.164	101392
	19	0.005	0.790	-0.785	-0.794	-0.794	27.370	98531
	20	0.003	0.768	-0.764	-0.774	-0.774	26.596	95744
	21	0.002	0.746	-0.744	-0.754	-0.754	25.842	93030
	22	0.001	0.725	-0.723	-0.733	-0.733	25.108	90389
	23	0.001	0.704	-0.703	-0.713	-0.713	24.395	87822
	24	0.001	0.684	-0.683	-0.693	-0.693	23.702	85326

(Sumber : Hasil analisis)

Tabel 4. 117. Penentuan volume kolam retensi sub DAS S10

Lokasi	Elevasi m	Luas Permukaan m ²	Volume m ³
S10	438.84	103494	0
	438.94	103534	10353
	439.04	103574	20711
	439.14	103614	31072
	439.24	103654	41438
	439.34	103694	51807
	439.44	103734	62180
	439.54	103774	72558
	439.64	103814	82939
	439.74	103854	93325
	439.84	103894	103714
	439.94	103934	114108
	440.04	103974	124505
	440.14	104014	134906
	440.24	104054	145312
	440.34	104094	155721
	440.44	104134	166135
	440.54	104174	176552
	440.64	104214	186973
	440.74	104254	197399
	440.84	104302	207829

(Sumber : Hasil analisis)



Gambar 4. 55. Kurva hubungan elevasi-luas permukaan dan elevasi-volume kolam retensi sub DAS S10

(Sumber : Hasil analisis)

Tabel 4. 118. Perhitungan *storage area* untuk sub DAS S10

Nama	Waktu jam	Inflow m ³ /det	Outflow m ³ /det	(I - O) m ³ /det	(I - O) rata-rata	Δt S	S m ³ /det	S m ³
	0	0	0	0		0	0	0
	1	8.769	0.037	8.732	4.366	4.366	4.366	15718
	2	5.370	0.271	5.098	6.915	6.915	11.281	40612
	3	3.438	0.408	3.029	4.064	4.064	15.345	55242
	4	2.339	0.490	1.849	2.439	2.439	17.784	64024
	5	1.573	0.539	1.034	1.441	1.441	19.226	69213
	6	1.165	0.567	0.598	0.816	0.816	20.042	72150
	7	0.855	0.582	0.273	0.435	0.435	20.477	73718
	8	0.623	0.589	0.034	0.153	0.153	20.631	74270
	9	0.452	0.589	-0.138	-0.052	-0.052	20.579	74084
	10	0.326	0.585	-0.259	-0.198	-0.198	20.381	73371
	11	0.235	0.577	-0.342	-0.301	-0.301	20.080	72289
S10	12	0.168	0.567	-0.399	-0.371	-0.371	19.710	70955
	13	0.121	0.556	-0.435	-0.417	-0.417	19.293	69455
	14	0.086	0.543	-0.457	-0.446	-0.446	18.847	67849
	15	0.061	0.530	-0.468	-0.463	-0.463	18.384	66184
	16	0.044	0.517	-0.473	-0.471	-0.471	17.914	64490
	17	0.031	0.503	-0.472	-0.472	-0.472	17.441	62789
	18	0.022	0.490	-0.467	-0.470	-0.470	16.972	61098
	19	0.016	0.476	-0.461	-0.464	-0.464	16.508	59428
	20	0.011	0.463	-0.452	-0.456	-0.456	16.052	57786
	21	0.008	0.450	-0.442	-0.447	-0.447	15.604	56176
	22	0.006	0.438	-0.432	-0.437	-0.437	15.167	54602
	23	0.004	0.425	-0.421	-0.427	-0.427	14.740	53065
	24	0.003	0.413	-0.411	-0.416	-0.416	14.324	51568

(Sumber : Hasil analisis)

Tabel 4. 119. Penentuan volume kolam retensi sub DAS S11

Lokasi	Elevasi m	Luas Permukaan m ²	Volume m ³
S11	630	498948	0
	630.1	499038	49904
	630.2	499128	99817
	630.3	499218	149738
	630.4	499308	199669
	630.5	499398	249609
	630.6	499488	299558
	630.7	499578	349516
	630.8	499668	399482
	630.9	499758	449458
	631	499848	499443
	631.1	499938	549437
	631.2	500028	599440
	631.3	500118	649451
	631.4	500208	699472
	631.5	500298	749502
	631.6	500388	799541
	631.7	500478	849589
	631.8	500568	899645
	631.9	500658	949711
	632	500748	999786

(Sumber : Hasil analisis)



Gambar 4. 56. Kurva hubungan elevasi-luas permukaan dan elevasi-volume kolam retensi sub DAS S11

(Sumber : Hasil analisis)

Tabel 4. 120. Perhitungan *storage area* untuk sub DAS S11

Nama	Waktu jam	Inflow m ³ /det	Outflow m ³ /det	(I - O) m ³ /det	(I - O) rata-rata	Δt S	S m ³ /det	S m ³
	0	0	0	0		0	0	0
	1	9.662	0.041	9.621	4.810	4.810	4.810	17318
	2	64.253	0.548	63.705	36.663	36.663	41.473	149304
	3	54.838	2.320	52.518	58.111	58.111	99.585	358505
	4	34.845	3.729	31.116	41.817	41.817	141.402	509046
	5	24.447	4.570	19.878	25.497	25.497	166.899	600835
	6	18.012	5.108	12.904	16.391	16.391	183.290	659842
	7	13.147	5.454	7.693	10.299	10.299	193.588	696917
	8	9.860	5.659	4.201	5.947	5.947	199.535	718325
	9	7.791	5.770	2.022	3.111	3.111	202.646	729525
	10	6.132	5.820	0.311	1.167	1.167	203.813	733725
	11	4.809	5.823	-1.014	-0.351	-0.351	203.461	732461
S11	12	3.762	5.790	-2.028	-1.521	-1.521	201.940	726984
	13	2.935	5.729	-2.793	-2.411	-2.411	199.529	718305
	14	2.286	5.647	-3.360	-3.077	-3.077	196.452	707229
	15	1.777	5.549	-3.771	-3.566	-3.566	192.887	694392
	16	1.380	5.440	-4.060	-3.916	-3.916	188.971	680296
	17	1.070	5.323	-4.253	-4.156	-4.156	184.815	665332
	18	0.829	5.201	-4.372	-4.313	-4.313	180.502	649807
	19	0.641	5.076	-4.435	-4.404	-4.404	176.098	633954
	20	0.495	4.949	-4.454	-4.444	-4.444	171.654	617955
	21	0.383	4.822	-4.439	-4.446	-4.446	167.208	601948
	22	0.295	4.695	-4.400	-4.419	-4.419	162.788	586038
	23	0.228	4.570	-4.342	-4.371	-4.371	158.417	570303
	24	0.176	4.446	-4.270	-4.306	-4.306	154.111	554801

(Sumber : Hasil analisis)

Tabel 4. 121. Penentuan volume kolam retensi sub DAS S12

Lokasi	Elevasi m	Luas Permukaan m ²	Volume m ³
S12	313.02	387721	0
	313.12	387811	38781
	313.22	387901	77571
	313.32	387991	116370
	313.42	388081	155179
	313.52	388171	193996
	313.62	388261	232822
	313.72	388351	271657
	313.82	388441	310501
	313.92	388531	349354
	314.02	388621	388216
	314.12	388711	427088
	314.22	388801	465968
	314.32	388891	504857
	314.42	388981	543755
	314.52	389071	582662
	314.62	389161	621578
	314.72	389251	660504
	314.82	389341	699438
	314.92	389431	738381
	315.02	389521	777333

(Sumber : Hasil analisis)



Gambar 4. 57. Kurva hubungan elevasi-luas permukaan dan elevasi-volume kolam retensi sub DAS S12

(Sumber : Hasil analisis)

Tabel 4. 122. Perhitungan *storage area* untuk sub DAS S12

Nama	Waktu jam	Inflow m ³ /det	Outflow m ³ /det	(I - O) m ³ /det	(I - O) rata-rata	Δt S	S m ³ /det	S m ³
	0	0	0	0		0	0	0
	1	4.808	0.021	4.787	2.394	2.394	2.394	8617
	2	31.972	0.273	31.699	18.243	18.243	20.637	74294
	3	28.582	1.160	27.422	29.561	29.561	50.198	180713
	4	21.540	1.910	19.630	23.526	23.526	73.724	265407
	5	15.887	2.444	13.443	16.536	16.536	90.261	324938
	6	12.687	2.813	9.873	11.658	11.658	101.919	366907
	7	10.375	3.084	7.291	8.582	8.582	110.501	397803
	8	8.427	3.283	5.143	6.217	6.217	116.718	420185
	9	6.809	3.423	3.386	4.265	4.265	120.983	435538
	10	5.478	3.513	1.965	2.675	2.675	123.658	445169
	11	4.670	3.566	1.104	1.535	1.535	125.193	450693
S12	12	3.978	3.594	0.384	0.744	0.744	125.937	453372
	13	3.381	3.603	-0.222	0.081	0.081	126.017	453663
	14	2.867	3.594	-0.727	-0.474	-0.474	125.543	451955
	15	2.428	3.572	-1.144	-0.935	-0.935	124.608	448588
	16	2.053	3.538	-1.485	-1.314	-1.314	123.294	443857
	17	1.733	3.494	-1.761	-1.623	-1.623	121.671	438015
	18	1.462	3.443	-1.981	-1.871	-1.871	119.800	431281
	19	1.232	3.385	-2.154	-2.067	-2.067	117.733	423838
	20	1.037	3.323	-2.287	-2.220	-2.220	115.513	415846
	21	0.872	3.257	-2.386	-2.336	-2.336	113.177	407436
	22	0.733	3.189	-2.456	-2.421	-2.421	110.756	398721
	23	0.615	3.119	-2.503	-2.480	-2.480	108.276	389793
	24	0.517	3.047	-2.530	-2.517	-2.517	105.759	380733

(Sumber : Hasil analisis)

Tabel 4. 123. Penentuan volume kolam retensi sub DAS S13

Lokasi	Elevasi m	Luas Permukaan m ²	Volume m ³
S13	1170.78	551527	0
	1170.88	551617	55162
	1170.98	551707	110332
	1171.08	551797	165512
	1171.18	551887	220701
	1171.28	551977	275898
	1171.38	552067	331105
	1171.48	552157	386321
	1171.58	552247	441545
	1171.68	552337	496779
	1171.78	552427	552022
	1171.88	552517	607273
	1171.98	552607	662534
	1172.08	552697	717803
	1172.18	552787	773082
	1172.28	552877	828370
	1172.38	552967	883666
	1172.48	553057	938972
	1172.58	553147	994287
	1172.68	553237	1049610
	1172.78	553327	1104943

(Sumber : Hasil analisis)



Gambar 4. 58. Kurva hubungan elevasi-luas permukaan dan elevasi-volume kolam retensi sub DAS S13

(Sumber : Hasil analisis)

Tabel 4. 124. Perhitungan *storage area* untuk sub DAS S13

Nama	Waktu jam	Inflow m ³ /det	Outflow m ³ /det	(I - O) m ³ /det	(I - O) rata-rata	Δt S	S m ³ /det	S m ³
	0	0	0	0		0	0	0
	1	4.323	0.018	4.305	2.153	2.153	2.153	7749
	2	28.751	0.245	28.505	16.405	16.405	18.558	66808
	3	82.441	1.285	81.156	54.831	54.831	73.388	264198
	4	58.667	3.493	55.174	68.165	68.165	141.553	509592
	5	40.860	4.986	35.874	45.524	45.524	187.077	673478
	6	29.254	5.957	23.297	29.585	29.585	216.662	779985
	7	23.027	6.594	16.433	19.865	19.865	236.527	851499
	8	18.001	7.040	10.962	13.698	13.698	250.225	900810
	9	13.999	7.334	6.664	8.813	8.813	259.038	932536
	10	10.954	7.511	3.443	5.054	5.054	264.091	950729
	11	9.092	7.601	1.491	2.467	2.467	266.558	959610
S13	12	7.526	7.637	-0.111	0.690	0.690	267.249	962095
	13	6.215	7.628	-1.413	-0.762	-0.762	266.487	959352
	14	5.123	7.583	-2.461	-1.937	-1.937	264.550	952380
	15	4.215	7.509	-3.295	-2.878	-2.878	261.672	942021
	16	3.463	7.412	-3.950	-3.622	-3.622	258.050	928981
	17	2.841	7.297	-4.456	-4.203	-4.203	253.847	913851
	18	2.328	7.168	-4.840	-4.648	-4.648	249.199	897118
	19	1.906	7.029	-5.123	-4.981	-4.981	244.218	879185
	20	1.559	6.882	-5.322	-5.222	-5.222	238.996	860384
	21	1.274	6.729	-5.455	-5.389	-5.389	233.607	840985
	22	1.041	6.573	-5.532	-5.493	-5.493	228.114	821209
	23	0.849	6.415	-5.565	-5.549	-5.549	222.565	801234
	24	0.693	6.256	-5.563	-5.564	-5.564	217.001	781203

(Sumber : Hasil analisis)

Tabel 4. 125. Penentuan volume kolam retensi sub DAS S14

Lokasi	Elevasi m	Luas Permukaan m ²	Volume m ³
S14	706.92	558400	0
	707.02	558480	55848
	707.12	558560	111704
	707.22	558640	167568
	707.32	558720	223440
	707.42	558800	279320
	707.52	558880	335208
	707.62	558960	391104
	707.72	559040	447008
	707.82	559120	502920
	707.92	559200	558840
	708.02	559280	614768
	708.12	559360	670704
	708.22	559440	726648
	708.32	559520	782600
	708.42	559600	838560
	708.52	559680	894528
	708.62	559760	950504
	708.72	559840	1006488
	708.82	559920	1062480
	708.92	560000	1118480

(Sumber : Hasil analisis)



Gambar 4. 59. Kurva hubungan elevasi-luas permukaan dan elevasi-volume kolam retensi sub DAS S14

(Sumber : Hasil analisis)

Tabel 4. 126. Perhitungan *storage area* untuk sub DAS S14

Nama	Waktu jam	Inflow m ³ /det	Outflow m ³ /det	(I - O) m ³ /det	(I - O) rata-rata	Δt S	S m ³ /det	S m ³
	0	0	0	0		0	0	0
	1	10.226	0.044	10.182	5.091	5.091	5.091	18328
	2	68.001	0.580	67.421	38.802	38.802	43.893	158014
	3	60.023	2.464	57.559	62.490	62.490	106.383	382979
	4	43.419	4.031	39.388	48.473	48.473	154.856	557483
	5	30.873	5.098	25.776	32.582	32.582	187.438	674778
	6	24.800	5.805	18.995	22.385	22.385	209.824	755366
	7	19.735	6.324	13.412	16.203	16.203	226.027	813698
	8	15.597	6.688	8.910	11.161	11.161	237.188	853876
	9	12.263	6.927	5.336	7.123	7.123	244.311	879518
	10	10.103	7.070	3.033	4.184	4.184	248.495	894582
	11	8.455	7.149	1.306	2.170	2.170	250.665	902392
S14	12	7.056	7.180	-0.124	0.591	0.591	251.255	904519
	13	5.875	7.171	-1.297	-0.710	-0.710	250.545	901962
	14	4.882	7.130	-2.248	-1.773	-1.773	248.773	895581
	15	4.050	7.063	-3.013	-2.631	-2.631	246.142	886110
	16	3.354	6.974	-3.620	-3.316	-3.316	242.825	874172
	17	2.775	6.869	-4.094	-3.857	-3.857	238.969	860288
	18	2.293	6.750	-4.457	-4.275	-4.275	234.693	844896
	19	1.893	6.622	-4.729	-4.593	-4.593	230.100	828361
	20	1.561	6.486	-4.925	-4.827	-4.827	225.274	810985
	21	1.286	6.344	-5.058	-4.992	-4.992	220.282	793015
	22	1.059	6.199	-5.141	-5.099	-5.099	215.183	774657
	23	0.871	6.052	-5.181	-5.161	-5.161	210.022	756078
	24	0.717	5.904	-5.188	-5.184	-5.184	204.837	737415

(Sumber : Hasil analisis)

Tabel 4. 127. Penentuan volume kolam retensi sub DAS S15

Lokasi	Elevasi m	Luas Permukaan m ²	Volume m ³
S15	92.88	140425	0
	92.98	140485	14048
	93.08	140545	28103
	93.18	140605	42163
	93.28	140665	56230
	93.38	140725	70302
	93.48	140785	84381
	93.58	140845	98465
	93.68	140905	112556
	93.78	140965	126652
	93.88	141025	140755
	93.98	141085	154863
	94.08	141145	168978
	94.18	141205	183098
	94.28	141265	197225
	94.38	141325	211357
	94.48	141385	225496
	94.58	141445	239640
	94.68	141505	253791
	94.78	141565	267947
	94.88	141625	282110

(Sumber : Hasil analisis)



Gambar 4. 60. Kurva hubungan elevasi-luas permukaan dan elevasi-volume kolam retensi sub DAS S15

(Sumber : Hasil analisis)

Tabel 4. 128. Perhitungan *storage area* untuk sub DAS S15

Nama	Waktu jam	Inflow m ³ /det	Outflow m ³ /det	(I - O) m ³ /det	(I - O) rata-rata	Δt S	S m ³ /det	S m ³
	0	0	0	0		0	0	0
	1	10.190	0.043	10.147	5.073	5.073	5.073	18264
	2	10.784	0.335	10.449	10.298	10.298	15.371	55337
	3	6.457	0.614	5.844	8.147	8.147	23.518	84665
	4	4.591	0.772	3.819	4.832	4.832	28.350	102058
	5	3.211	0.875	2.336	3.078	3.078	31.427	113138
	6	2.261	0.937	1.324	1.830	1.830	33.257	119727
	7	1.721	0.972	0.749	1.037	1.037	34.294	123458
	8	1.302	0.992	0.310	0.530	0.530	34.823	125364
	9	0.979	0.999	-0.020	0.145	0.145	34.968	125886
	10	0.733	0.998	-0.264	-0.142	-0.142	34.826	125374
	11	0.548	0.989	-0.442	-0.353	-0.353	34.473	124104
S15	12	0.408	0.976	-0.568	-0.505	-0.505	33.968	122285
	13	0.303	0.960	-0.657	-0.613	-0.613	33.356	120080
	14	0.225	0.941	-0.716	-0.686	-0.686	32.669	117609
	15	0.166	0.920	-0.754	-0.735	-0.735	31.934	114963
	16	0.123	0.898	-0.776	-0.765	-0.765	31.170	112210
	17	0.091	0.876	-0.785	-0.781	-0.781	30.389	109401
	18	0.067	0.854	-0.787	-0.786	-0.786	29.603	106570
	19	0.049	0.831	-0.782	-0.784	-0.784	28.818	103746
	20	0.036	0.809	-0.773	-0.777	-0.777	28.041	100948
	21	0.027	0.787	-0.760	-0.766	-0.766	27.275	98189
	22	0.020	0.765	-0.746	-0.753	-0.753	26.522	95478
	23	0.014	0.744	-0.730	-0.738	-0.738	25.784	92822
	24	0.011	0.723	-0.713	-0.721	-0.721	25.063	90226

(Sumber : Hasil analisis)

Tabel 4. 129. Penentuan volume kolam retensi sub DAS S16

Lokasi	Elevasi m	Luas Permukaan m ²	Volume m ³
S16	380.24	491606	0
	380.34	491696	49170
	380.44	491786	98348
	380.54	491876	147536
	380.64	491966	196732
	380.74	492056	245938
	380.84	492146	295153
	380.94	492236	344376
	381.04	492326	393609
	381.14	492416	442851
	381.24	492506	492101
	381.34	492596	541361
	381.44	492686	590629
	381.54	492776	639907
	381.64	492866	689194
	381.74	492956	738489
	381.84	493046	787794
	381.94	493136	837107
	382.04	493226	886430
	382.14	493316	935762
	382.24	493406	985102

(Sumber : Hasil analisis)



Gambar 4. 61. Kurva hubungan elevasi-luas permukaan dan elevasi-volume kolam retensi sub DAS S16

(Sumber : Hasil analisis)

Tabel 4. 130. Perhitungan *storage area* untuk sub DAS S16

Nama	Waktu jam	Inflow m ³ /det	Outflow m ³ /det	(I - O) m ³ /det	(I - O) rata-rata	Δt S	S m ³ /det	S m ³
	0	0	0	0		0	0	0
	1	4.155	0.018	4.138	2.069	2.069	2.069	7448
	2	25.563	0.227	25.336	14.737	14.737	16.806	60501
	3	20.328	0.925	19.403	22.370	22.370	39.176	141033
	4	15.543	1.457	14.086	16.745	16.745	55.921	201314
	5	11.632	1.841	9.791	11.939	11.939	67.859	244293
	6	9.399	2.110	7.289	8.540	8.540	76.399	275036
	7	7.761	2.310	5.451	6.370	6.370	82.769	297967
	8	6.365	2.459	3.905	4.678	4.678	87.447	314808
	9	5.192	2.566	2.627	3.266	3.266	90.713	326566
	10	4.218	2.636	1.582	2.104	2.104	92.817	334142
	11	3.583	2.678	0.904	1.243	1.243	94.060	338617
S16	12	3.074	2.702	0.372	0.638	0.638	94.698	340915
	13	2.631	2.711	-0.079	0.146	0.146	94.845	341441
	14	2.248	2.707	-0.459	-0.269	-0.269	94.576	340473
	15	1.917	2.692	-0.775	-0.617	-0.617	93.959	338252
	16	1.633	2.669	-1.036	-0.906	-0.906	93.053	334992
	17	1.389	2.639	-1.250	-1.143	-1.143	91.910	330877
	18	1.180	2.602	-1.422	-1.336	-1.336	90.574	326067
	19	1.001	2.561	-1.560	-1.491	-1.491	89.083	320700
	20	0.849	2.516	-1.667	-1.613	-1.613	87.470	314892
	21	0.719	2.468	-1.749	-1.708	-1.708	85.762	308743
	22	0.609	2.418	-1.809	-1.779	-1.779	83.983	302339
	23	0.515	2.366	-1.851	-1.830	-1.830	82.153	295752
	24	0.435	2.313	-1.877	-1.864	-1.864	80.289	289041

(Sumber : Hasil analisis)

Tabel 4. 131. Penentuan volume kolam retensi sub DAS S17

Lokasi	Elevasi m	Luas Permukaan m ²	Volume m ³
S17	24.94	476101	0
	25.04	476221	47622
	25.14	476341	95256
	25.24	476461	142902
	25.34	476581	190561
	25.44	476701	238231
	25.54	476821	285913
	25.64	476941	333607
	25.74	477061	381313
	25.84	477181	429031
	25.94	477301	476761
	26.04	477421	524504
	26.14	477541	572258
	26.24	477661	620024
	26.34	477781	667802
	26.44	477901	715592
	26.54	478021	763394
	26.64	478141	811208
	26.74	478261	859035
	26.84	478381	906873
	26.94	478501	954723

(Sumber : Hasil analisis)



Gambar 4. 62. Kurva hubungan elevasi-luas permukaan dan elevasi-volume kolam retensi sub DAS S17

(Sumber : Hasil analisis)

Tabel 4. 132. Perhitungan *storage area* untuk sub DAS S17

Nama	Waktu jam	Inflow m ³ /det	Outflow m ³ /det	(I - O) m ³ /det	(I - O) rata-rata	Δt S	S m ³ /det	S m ³
	0	0	0	0		0	0	0
	1	3.925	0.017	3.909	1.954	1.954	1.954	7036
	2	26.104	0.223	25.882	14.895	14.895	16.850	60658
	3	22.327	0.943	21.384	23.633	23.633	40.483	145737
	4	16.253	1.525	14.727	18.056	18.056	58.538	210738
	5	11.597	1.924	9.673	12.200	12.200	70.738	254658
	6	9.355	2.190	7.165	8.419	8.419	79.157	284966
	7	7.476	2.386	5.090	6.127	6.127	85.284	307024
	8	5.933	2.524	3.409	4.249	4.249	89.534	322322
	9	4.684	2.616	2.068	2.739	2.739	92.273	332181
	10	3.850	2.671	1.179	1.623	1.623	93.896	338026
	11	3.232	2.702	0.530	0.854	0.854	94.750	341101
S17	12	2.706	2.715	-0.009	0.260	0.260	95.011	342038
	13	2.260	2.713	-0.453	-0.231	-0.231	94.780	341207
	14	1.884	2.698	-0.814	-0.634	-0.634	94.146	338926
	15	1.568	2.674	-1.106	-0.960	-0.960	93.186	335469
	16	1.303	2.641	-1.338	-1.222	-1.222	91.964	331070
	17	1.081	2.602	-1.521	-1.430	-1.430	90.534	325923
	18	0.896	2.558	-1.662	-1.591	-1.591	88.943	320193
	19	0.742	2.510	-1.768	-1.715	-1.715	87.228	314020
	20	0.614	2.459	-1.845	-1.807	-1.807	85.421	307515
	21	0.507	2.406	-1.899	-1.872	-1.872	83.549	300776
	22	0.419	2.352	-1.933	-1.916	-1.916	81.633	293879
	23	0.346	2.296	-1.951	-1.942	-1.942	79.692	286889
	24	0.285	2.241	-1.955	-1.953	-1.953	77.739	279859

(Sumber : Hasil analisis)

Tabel 4. 133. Penentuan volume kolam retensi sub DAS S18

Lokasi	Elevasi m	Luas Permukaan m ²	Volume m ³
S18	1700.02	957828	0
	1700.12	957968	95797
	1700.22	958108	191608
	1700.32	958248	287432
	1700.42	958388	383271
	1700.52	958528	479124
	1700.62	958668	574991
	1700.72	958808	670871
	1700.82	958948	766766
	1700.92	959088	862675
	1701.02	959228	958598
	1701.12	959368	1054535
	1701.22	959508	1150485
	1701.32	959648	1246450
	1701.42	959788	1342429
	1701.52	959928	1438422
	1701.62	960068	1534429
	1701.72	960208	1630449
	1701.82	960348	1726484
	1701.92	960488	1822533
	1702.02	960628	1918596
	1702.12	960768	2014672
	1702.22	960908	2110763
	1702.32	961048	2206868
	1702.42	961188	2302987
	1702.52	961328	2399120
	1702.62	961468	2495266
	1702.72	961608	2591427
	1702.82	961748	2687602
	1702.92	961888	2783791
	1703.02	962028	2879994
	1703.12	962168	2976210
	1703.22	962308	3072441
	1703.32	962448	3168686
	1703.42	962588	3264945
	1703.52	962728	3361217
	1703.62	962868	3457504
	1703.72	963008	3553805
	1703.82	963148	3650120
	1703.92	963288	3746449
	1704.02	963428	3842791

(Sumber : Hasil analisis)



Gambar 4. 63. Kurva hubungan elevasi-luas permukaan dan elevasi-volume kolam retensi sub DAS S17
(Sumber : Hasil analisis)

Tabel 4. 134. Perhitungan *storage area* untuk sub DAS S18

Nama	Waktu jam	Inflow m ³ /det	Outflow m ³ /det	(I - O) m ³ /det	(I - O) rata-rata	Δt S	S m ³ /det	S m ³
	0	0	0	0		0	0	0
	1	3.719	0.016	3.704	1.852	1.852	1.852	6666
	2	24.734	0.211	24.523	14.113	14.113	15.965	57474
	3	74.922	1.123	73.799	49.161	49.161	65.126	234455
	4	215.111	3.821	211.291	142.545	142.545	207.672	747618
	5	174.560	9.659	164.902	188.096	188.096	395.768	1424764
	6	139.739	14.201	125.538	145.220	145.220	540.988	1947555
	7	110.819	17.649	93.169	109.353	109.353	650.341	2341228
	8	87.282	20.200	67.082	80.125	80.125	730.466	2629679
	9	71.271	22.040	49.231	58.157	58.157	788.623	2839043
	10	61.115	23.397	37.718	43.475	43.475	832.098	2995552
	11	52.232	24.432	27.800	32.759	32.759	864.857	3113485
S18	12	44.516	25.190	19.326	23.563	23.563	888.420	3198311
	13	37.852	25.712	12.141	15.733	15.733	904.153	3254950
	14	32.122	26.032	6.090	9.115	9.115	913.268	3287765
	15	27.294	26.185	1.108	3.599	3.599	916.867	3300721
	16	24.204	26.203	-1.999	-0.445	-0.445	916.422	3299118
	17	21.437	26.135	-4.698	-3.349	-3.349	913.073	3287063
	18	18.964	25.991	-7.027	-5.862	-5.862	907.211	3265958
	19	16.759	25.781	-9.023	-8.025	-8.025	899.186	3237069
	20	14.796	25.516	-10.720	-9.871	-9.871	889.315	3201532
	21	13.053	25.204	-12.151	-11.435	-11.435	877.879	3160365
	22	11.506	24.851	-13.345	-12.748	-12.748	865.131	3114472
	23	10.136	24.466	-14.330	-13.838	-13.838	851.293	3064656
	24	8.927	24.053	-15.127	-14.728	-14.728	836.565	3011633

(Sumber : Hasil analisis)

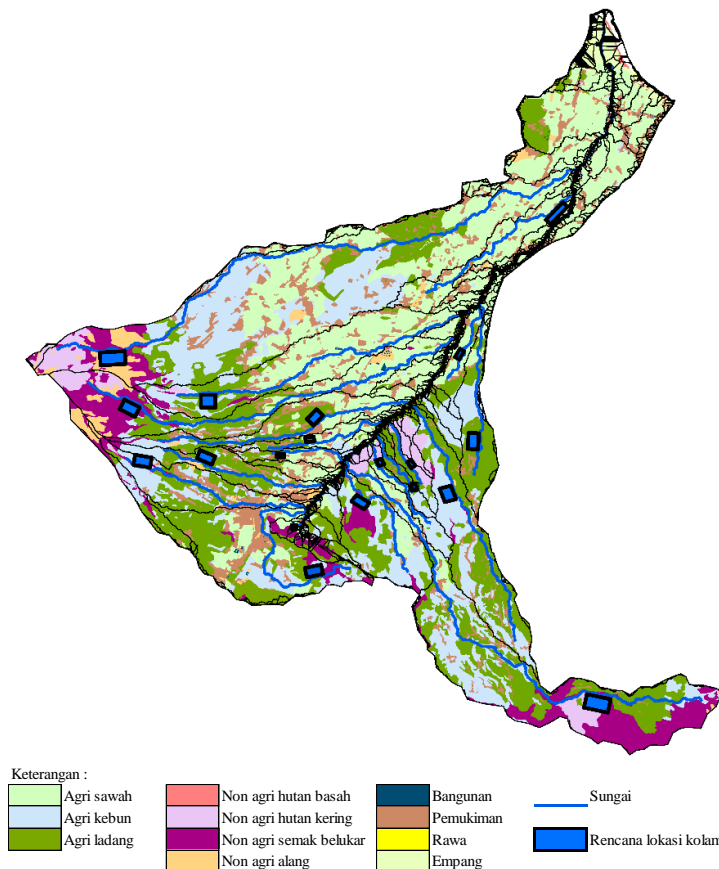
Setelah perhitungan *storage area*, maka dicari nilai maksimum *storage area* yang akan digunakan sebagai perencanaan volume *retarding basin* seperti pada tabel di bawah ini.

Tabel 4. 135. Hasil perhitungan *storage area* tiap sub DAS

No.	Nama	Storage Area m ³
1	W1	23159
2	S1	874461
3	S2	442256
4	S3	299091
5	S4	519988
6	S5	98765
7	S6	1888543
8	S7	114732
9	S8	67490
10	S9	129721
11	S10	74270
12	S11	733725
13	S12	453663
14	S13	962095
15	S14	904519
16	S15	125886
17	S16	341441
18	S17	342038
19	S18	3300721
Total		11696567

(Sumber : Data perhitungan)

Dari perhitungan volume *storage area* untuk *retarding basin* didapatkan bahwa volume total yang direncanakan sebagai *retarding basin* sebesar 11696567 m³. Pada studi kasus ini, *retarding basin* akan disebar di tiap sub DAS yang diharapkan dapat mengurangi luapan debit pada hilir Sungai Welang. Untuk lokasi kolam diharapkan tidak berada di daerah pemukiman dan bangunan. Gambar di bawah ini sebagai perkiraan lokasi beberapa *retarding basin* pada DAS Welang.



Gambar 4. 64. Perkiraan lokasi *retarding basin* tiap sub DAS pada DAS Welang
(Sumber : Hasil analisis)

4.3.3 Analisa Pelimpah Samping

Pada studi kasus ini, tipe kolam retensi yang digunakan yaitu kolam retensi tipe di samping badan sungai. Sehingga pada kolam ini menggunakan pelimpah samping. Untuk menentukan dimensi pelimpah samping digunakan Metode Bilangan De Marchi. Metode ini digunakan untuk menentukan lebar pelimpah samping ($\Sigma \Delta x$). Perhitungan metode ini sebagai

berikut. Sedangkan gambar rencana pelimpah samping di salah satu sub DAS dapat dilihat pada lampiran.

$$Q_o \text{ sub DAS 18} = 188.096 \text{ m}^3/\text{det}$$

$$h_o = 0.66 \text{ m}$$

$$H_o = 0.89 \text{ m}$$

$$c = 0.4 \text{ m}$$

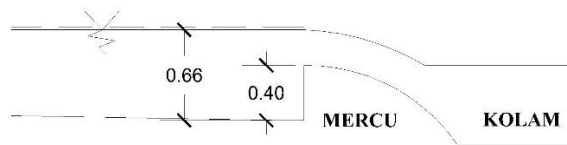
$$\Delta x = 10 \text{ m}$$

$$\mu = 0.95$$

$$q_x = \mu \times \Delta x \times \sqrt{2g} \times (h_o - c)^{\frac{3}{2}} = 0.95 \times 10 \times \sqrt{2 \times 9.8} \times (0.66 - 0.4)^{\frac{3}{2}} = 5.576 \text{ m}^3/\text{det}$$

$$Q_x = Q_o + q_x = 188.096 + 5.576 = 193.672 \text{ m}^3/\text{det}$$

$$h_x = H_x - \frac{Q_x^2}{2g \times A_x^2} = 0.89 - \frac{193.672^2}{2 \times 9.8 \times 88.59^2} = 0.65 \text{ m}$$



Gambar 4. 65. Detail pelimpah samping sub DAS 18
(Sumber : Hasil analisis)

Tabel 4. 136. Perhitungan dimensi pelimpah samping *retarding basin* sub DAS W1

Nama/STA.	Qo m ³ /det	Ho m	ho m	c m	Δx m	μ	qx m ³ /det	Qx m ³ /det	Ax m ²	hx m
W1/41360	2.890	0.1252	0.10	0.04	10	0.95	0.618	3.508	4.11	0.09
	3.508	0.1252	0.09	0.04	10	0.95	0.443	3.951	4.11	0.08
	3.951	0.1252	0.08	0.04	10	0.95	0.313	4.264	4.11	0.07
	4.264	0.1252	0.07	0.04	4	0.95	0.089	4.353	4.11	0.07
	4.353	0.1252	0.07	0.04	3.5	0.95	0.069	4.422	4.11	0.07
Total					37.5		1.532			

(Sumber : Hasil analisis)

Tabel 4. 137. Perhitungan dimensi pelimpah samping *retarding basin* sub DAS S1

Nama/STA.	Qo m ³ /det	Ho m	ho m	c m	Δx m	μ	qx m ³ /det	Qx m ³ /det	Ax m ²	hx m
S1/10800	55.598	0.29	0.20	0.1	7	0.95	0.931	56.529	41.86	0.20

Nama/STA.	Qo m ³ /det	Ho m	ho m	c m	Δx m	μ	qx m ³ /det	Qx m ³ /det	Ax m ²	hx m
	56.529	0.29	0.20	0.1	7	0.95	0.889	57.418	41.86	0.19
	57.418	0.29	0.19	0.1	7	0.95	0.849	58.267	41.86	0.19
	58.267	0.29	0.19	0.1	7	0.95	0.810	59.077	41.86	0.19
	59.077	0.29	0.19	0.1	6	0.95	0.663	59.740	41.86	0.19
	59.740	0.29	0.19	0.1	6	0.95	0.637	60.377	41.86	0.18
Total					40		3.479			

(Sumber : Hasil analisis)

Tabel 4. 138. Perhitungan dimensi pelimpah samping *retarding basin* sub DAS S2

Nama/STA.	Qo m ³ /det	Ho m	ho m	c m	Δx m	μ	qx m ³ /det	Qx m ³ /det	Ax m ²	hx m
S2/10960	27.451	0.38	0.27	0.1	4	0.95	1.179	28.631	18.70	0.26
	28.631	0.38	0.26	0.1	4	0.95	1.080	29.711	18.70	0.25
	29.711	0.38	0.25	0.1	3	0.95	0.741	30.452	18.70	0.24
	30.452	0.38	0.24	0.1	2.5	0.95	0.578	31.031	18.70	0.24
Total					13.5		3.579			

(Sumber : Hasil analisis)

Tabel 4. 139. Perhitungan dimensi pelimpah samping *retarding basin* sub DAS S3

Nama/STA.	Qo m ³ /det	Ho m	ho m	c m	Δx m	μ	qx m ³ /det	Qx m ³ /det	Ax m ²	hx m
S3/7920	24.749	0.35	0.28	0.1	5	0.95	1.606	26.355	21.13	0.27
	26.355	0.35	0.27	0.1	5	0.95	1.482	27.837	21.13	0.26
	27.837	0.35	0.26	0.1	5	0.95	1.364	29.201	21.13	0.25
	29.201	0.35	0.25	0.1	4	0.95	1.002	30.203	21.13	0.25
	30.203	0.35	0.25	0.1	3.5	0.95	0.819	31.022	21.13	0.24
Total					22.5		6.274			

(Sumber : Hasil analisis)

Tabel 4. 140. Perhitungan dimensi pelimpah samping *retarding basin* sub DAS S4

Nama/STA.	Qo m ³ /det	Ho m	ho m	c m	Δx m	μ	qx m ³ /det	Qx m ³ /det	Ax m ²	hx m
S4/2560	38.495	0.55	0.43	0.2	5	0.95	2.320	40.815	25.10	0.42
	40.815	0.55	0.42	0.2	5	0.95	2.098	42.913	25.10	0.40
	42.913	0.55	0.40	0.2	4.5	0.95	1.704	44.617	25.10	0.39
	44.617	0.55	0.39	0.2	4	0.95	1.380	45.997	25.10	0.38
Total					18.5		7.502			

(Sumber : Hasil analisis)

Tabel 4. 141. Perhitungan dimensi pelimpah samping *retarding basin* sub DAS S5

Nama/STA.	Qo m ³ /det	Ho m	ho m	c m	Δx m	μ	qx m ³ /det	Qx m ³ /det	Ax m ²	hx m
S5/4160	8.681	0.1075	0.07	0.025	10	0.95	0.438	9.119	10.51	0.07

Nama/STA.	Qo m ³ /det	Ho m	ho m	c m	Δx m	μ	qx m ³ /det	Qx m ³ /det	Ax m ²	hx m
	9.119	0.1075	0.07	0.025	10	0.95	0.389	9.508	10.51	0.07
	9.508	0.1075	0.07	0.025	10	0.95	0.346	9.854	10.51	0.06
	9.854	0.1075	0.06	0.025	10	0.95	0.307	10.162	10.51	0.06
	10.162	0.1075	0.06	0.025	10	0.95	0.273	10.435	10.51	0.06
	10.435	0.1075	0.06	0.025	10	0.95	0.243	10.678	10.51	0.05
Total					60		1.997			

(Sumber : Hasil analisis)

Tabel 4. 142. Perhitungan dimensi pelimpah samping *retarding basin* sub DAS S6

Nama/STA.	Qo m ³ /det	Ho m	ho m	c m	Δx m	μ	qx m ³ /det	Qx m ³ /det	Ax m ²	hx m
S6/24240	94.519	0.85	0.61	0.4	6	0.95	2.428	96.947	43.58	0.60
	96.947	0.85	0.60	0.4	6	0.95	2.215	99.162	43.58	0.59
	99.162	0.85	0.59	0.4	6	0.95	2.022	101.184	43.58	0.57
	101.184	0.85	0.57	0.4	6	0.95	1.847	103.031	43.58	0.56
	103.031	0.85	0.56	0.4	5.5	0.95	1.548	104.578	43.58	0.56
Total					29.5		10.060			

(Sumber : Hasil analisis)

Tabel 4. 143. Perhitungan dimensi pelimpah samping *retarding basin* sub DAS S7

Nama/STA.	Qo m ³ /det	Ho m	ho m	c m	Δx m	μ	qx m ³ /det	Qx m ³ /det	Ax m ²	hx m
S7/1360	9.977	0.2202	0.17	0.1	2	0.95	0.150	10.128	9.90	0.17
	10.128	0.2202	0.17	0.1	2	0.95	0.145	10.273	9.90	0.17
Total					4		0.296			

(Sumber : Hasil analisis)

Tabel 4. 144. Perhitungan dimensi pelimpah samping *retarding basin* sub DAS S8

Nama/STA.	Qo m ³ /det	Ho m	ho m	c m	Δx m	μ	qx m ³ /det	Qx m ³ /det	Ax m ²	hx m
S8/4080	6.048	0.0506	0.03	0.01	16	0.95	0.250	6.299	10.60	0.03
	6.299	0.0506	0.03	0.01	16	0.95	0.229	6.527	10.60	0.03
	6.527	0.0506	0.03	0.01	16	0.95	0.209	6.736	10.60	0.03
	6.736	0.0506	0.03	0.01	16	0.95	0.191	6.926	10.60	0.03
	6.926	0.0506	0.03	0.01	16	0.95	0.174	7.100	10.60	0.03
	7.100	0.0506	0.03	0.01	15	0.95	0.149	7.249	10.60	0.03
	7.249	0.0506	0.03	0.01	15	0.95	0.137	7.386	10.60	0.03
	7.386	0.0506	0.03	0.01	15	0.95	0.126	7.512	10.60	0.02
Total					125		1.463			

(Sumber : Hasil analisis)

Tabel 4. 145. Perhitungan dimensi pelimpah samping *retarding basin* sub DAS S9

Nama/STA.	Qo m ³ /det	Ho m	ho m	c m	Δx m	μ	qx m ³ /det	Qx m ³ /det	Ax m ²	hx m
S9/4640	12.722	0.169	0.13	0.08	6	0.95	0.295	13.017	14.84	0.13
	13.017	0.169	0.13	0.08	6	0.95	0.280	13.297	14.84	0.13
	13.297	0.169	0.13	0.08	6	0.95	0.266	13.562	14.84	0.13
	13.562	0.169	0.13	0.08	5.5	0.95	0.231	13.793	14.84	0.12
Total					23.5		1.072			

(Sumber : Hasil analisis)

Tabel 4. 146. Perhitungan dimensi pelimpah samping *retarding basin* sub DAS S10

Nama/STA.	Qo m ³ /det	Ho m	ho m	c m	Δx m	μ	qx m ³ /det	Qx m ³ /det	Ax m ²	hx m
S10/3040	6.915	0.2548	0.20	0.1	5	0.95	0.626	7.542	6.45	0.18
	7.542	0.2548	0.18	0.1	5	0.95	0.521	8.063	6.45	0.18
	8.063	0.2548	0.18	0.1	4.5	0.95	0.389	8.451	6.45	0.17
	8.451	0.2548	0.17	0.1	4.5	0.95	0.329	8.781	6.45	0.16
Total					19		1.865			

(Sumber : Hasil analisis)

Tabel 4. 147. Perhitungan dimensi pelimpah samping *retarding basin* sub DAS S11

Nama/STA.	Qo m ³ /det	Ho m	ho m	c m	Δx m	μ	qx m ³ /det	Qx m ³ /det	Ax m ²	hx m
S11/6160	58.111	0.42	0.30	0.1	5	0.95	1.881	59.992	37.89	0.29
	59.992	0.42	0.29	0.1	5	0.95	1.771	61.763	37.89	0.28
	61.763	0.42	0.28	0.1	5	0.95	1.666	63.429	37.89	0.28
	63.429	0.42	0.28	0.1	2	0.95	0.627	64.055	37.89	0.27
	64.055	0.42	0.27	0.1	1	0.95	0.306	64.361	37.89	0.27
Total					18		6.250			

(Sumber : Hasil analisis)

Tabel 4. 148. Perhitungan dimensi pelimpah samping *retarding basin* sub DAS S12

Nama/STA.	Qo m ³ /det	Ho m	ho m	c m	Δx m	μ	qx m ³ /det	Qx m ³ /det	Ax m ²	hx m
S12/5600	29.561	0.4315	0.32	0.2	5	0.95	0.901	30.461	20.22	0.32
	30.461	0.4315	0.32	0.2	5	0.95	0.827	31.288	20.22	0.31
	31.288	0.4315	0.31	0.2	4.5	0.95	0.684	31.972	20.22	0.30
Total					14.5		2.411			

(Sumber : Hasil analisis)

Tabel 4. 149. Perhitungan dimensi pelimpah samping *retarding basin* sub DAS S13

Nama/STA.	Qo m ³ /det	Ho m	ho m	c m	Δx m	μ	qx m ³ /det	Qx m ³ /det	Ax m ²	hx m
S13/22000	68.165	0.61	0.45	0.2	8	0.95	4.206	72.371	38.49	0.43
	72.371	0.61	0.43	0.2	8	0.95	3.703	76.074	38.49	0.41
	76.074	0.61	0.41	0.2	8	0.95	3.255	79.328	38.49	0.39
	79.328	0.61	0.39	0.2	8	0.95	2.860	82.188	38.49	0.38
	82.188	0.61	0.38	0.2	1	0.95	0.314	82.502	38.49	0.38
Total					33		14.337			

(Sumber : Hasil analisis)

Tabel 4. 150. Perhitungan dimensi pelimpah samping *retarding basin* sub DAS S14

Nama/STA.	Qo m ³ /det	Ho m	ho m	c m	Δx m	μ	qx m ³ /det	Qx m ³ /det	Ax m ²	hx m
S14/17200	62.490	0.78	0.60	0.4	5	0.95	1.881	64.371	33.27	0.59
	64.371	0.78	0.59	0.4	5	0.95	1.728	66.099	33.27	0.58
	66.099	0.78	0.58	0.4	4	0.95	1.270	67.369	33.27	0.57
	67.369	0.78	0.57	0.4	2.5	0.95	0.742	68.111	33.27	0.57
Total					16.5		5.621			

(Sumber : Hasil analisis)

Tabel 4. 151. Perhitungan dimensi pelimpah samping *retarding basin* sub DAS S15

Nama/STA.	Qo m ³ /det	Ho m	ho m	c m	Δx m	μ	qx m ³ /det	Qx m ³ /det	Ax m ²	hx m
S15/3051.51	10.298	0.2306	0.20	0.1	2.5	0.95	0.357	10.655	14.51	0.20
	10.655	0.2306	0.20	0.1	1	0.95	0.139	10.794	14.51	0.20
Total					3.5		0.496			

(Sumber : Hasil analisis)

Tabel 4. 152. Perhitungan dimensi pelimpah samping *retarding basin* sub DAS S16

Nama/STA.	Qo m ³ /det	Ho m	ho m	c m	Δx m	μ	qx m ³ /det	Qx m ³ /det	Ax m ²	hx m
S16/8480	22.370	0.48	0.39	0.2	3	0.95	1.045	23.415	16.84	0.38
	23.415	0.48	0.38	0.2	3	0.95	0.975	24.390	16.84	0.37
	24.390	0.48	0.37	0.2	3	0.95	0.908	25.298	16.84	0.36
	25.298	0.48	0.36	0.2	1	0.95	0.282	25.579	16.84	0.36
Total					10		3.209			

(Sumber : Hasil analisis)

Tabel 4. 153. Perhitungan dimensi pelimpah samping *retarding basin* sub DAS S17

Nama/STA.	Qo m ³ /det	Ho m	ho m	c m	Δx m	μ	qx m ³ /det	Qx m ³ /det	Ax m ²	hx m
S17/1840	23.633	0.4847	0.46	0.2	3	0.95	1.673	25.306	33.97	0.46

Nama/STA.	Qo m ³ /det	Ho m	ho m	c m	Δx m	μ	qx m ³ /det	Qx m ³ /det	Ax m ²	hx m
	25.306	0.4847	0.46	0.2	2	0.95	1.092	26.398	33.97	0.45
Total					5		2.765			

(Sumber : Hasil analisis)

Tabel 4. 154. Perhitungan dimensi pelimpah samping *retarding basin* sub DAS S18

Nama/STA.	Qo m ³ /det	Ho m	ho m	c m	Δx m	μ	qx m ³ /det	Qx m ³ /det	Ax m ²	hx m
S18/33040	188.096	0.89	0.66	0.4	10	0.95	5.576	193.672	88.59	0.65
	193.672	0.89	0.65	0.4	10	0.95	5.137	198.809	88.59	0.63
	198.809	0.89	0.63	0.4	10	0.95	4.732	203.541	88.59	0.62
	203.541	0.89	0.62	0.4	10	0.95	4.360	207.901	88.59	0.61
	207.901	0.89	0.61	0.4	10	0.95	4.019	211.920	88.59	0.60
	211.920	0.89	0.60	0.4	9	0.95	3.336	215.256	88.59	0.59
Total					59		27.160			

(Sumber : Hasil analisis)

4.4 Analisa Reduksi Banjir

Pada analisa ini menggunakan bantuan program HEC-RAS. Pada uji dengan HEC-RAS dapat dilihat dari kemampuan beberapa penampang sungai pada sub DAS menampung *Q outflow* yang direncanakan. Sama seperti uji *Q inflow* akan dilakukan 2 uji HEC-RAS di antaranya :

- Uji dengan data puncak debit pada 19 sub DAS, bertujuan untuk mengetahui titik banjir di bagian hilir Sungai Welang (*reach W19*).
- Uji dengan data debit puncak tiap sub DAS, bertujuan untuk mengetahui titik banjir di 19 sungai sub DAS (*reach W1, reach S1, reach S2, reach S3, reach S4, reach S5, reach S6, reach S7, reach S8, reach S9, reach S10, reach S11, reach S12, reach S13, reach S14, reach S15, reach S16, reach S17, dan reach S18*).

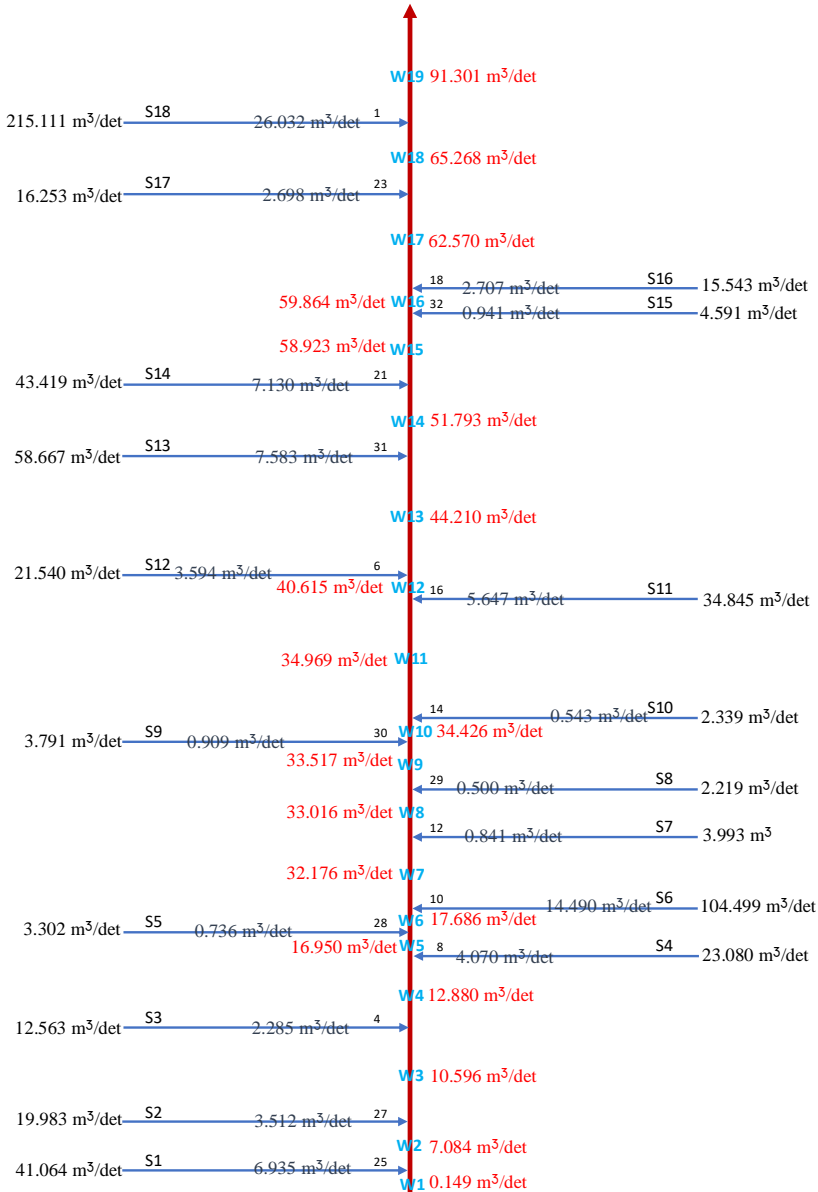
Untuk uji dengan data puncak debit pada 19 sub DAS, maka dimasukkan data-data *outflow* dari hasil perhitungan Metode Muskingum sebagai berikut.

Tabel 4. 155. *Outflow* puncak debit pada 19 sub DAS yang digunakan untuk uji HEC-RAS

No.	Sub DAS	Debit (m ³ /det)
1	W1	0.149

No.	Sub DAS	Debit (m ³ /det)
2	S1	6.935
3	S2	3.512
4	S3	2.285
5	S4	4.070
6	S5	0.736
7	S6	14.490
8	S7	0.841
9	S8	0.500
10	S9	0.909
11	S10	0.543
12	S11	5.647
13	S12	3.594
14	S13	7.583
15	S14	7.130
16	S15	0.941
17	S16	2.707
18	S17	2.698
19	S18	26.032
Total		91.301

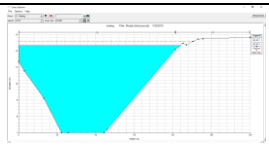
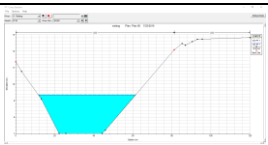
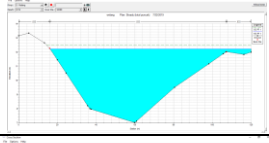
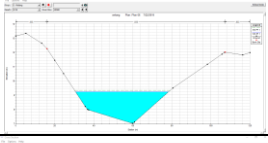
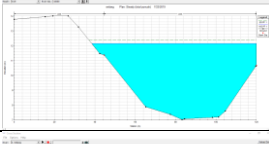
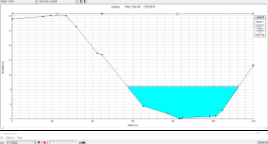
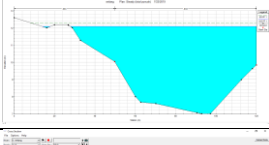
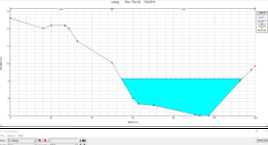
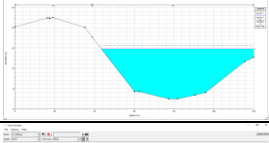
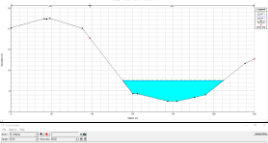
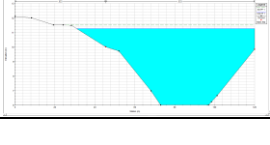
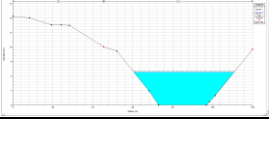
(Sumber : Data perhitungan)

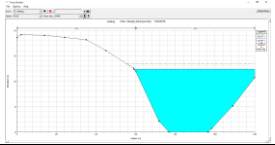
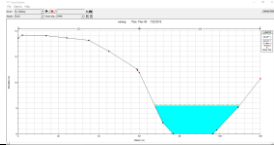
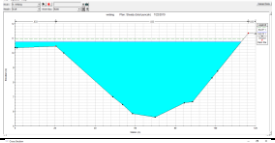
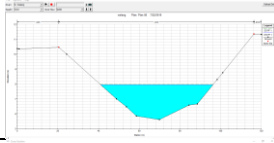
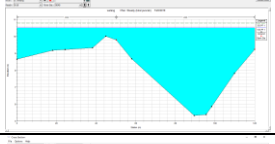
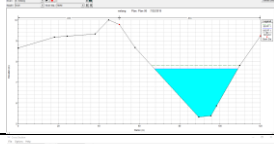
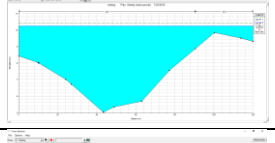
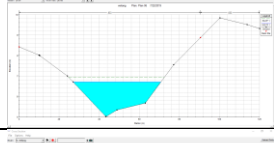
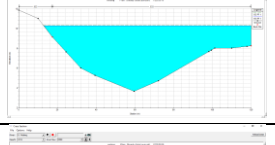
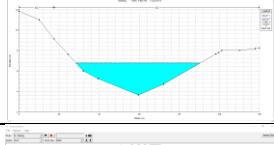
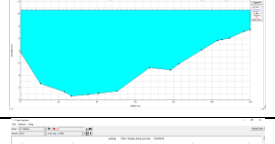
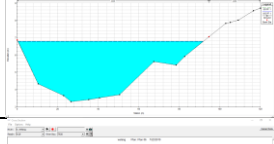
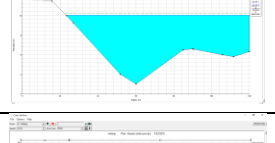
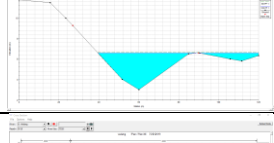
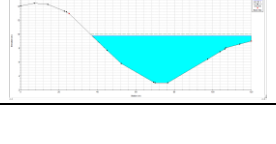
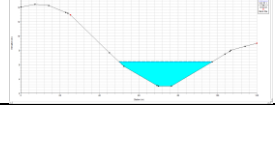


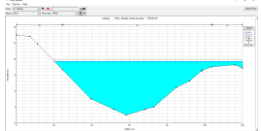
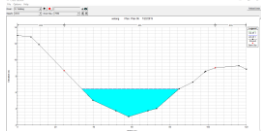
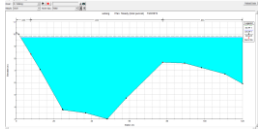
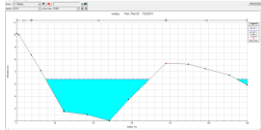
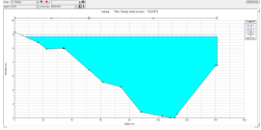
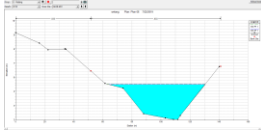
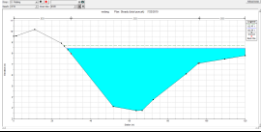
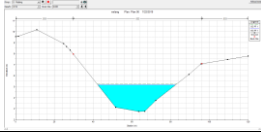
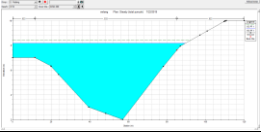
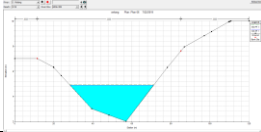
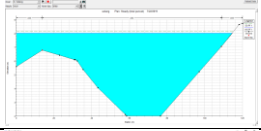
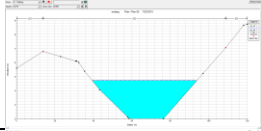
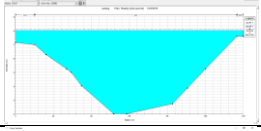
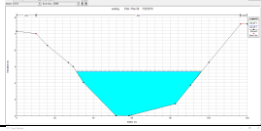

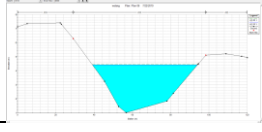
Gambar 4. 66. Denah alur DAS Welang setelah *retarding basin*
(Sumber : Hasil analisis)

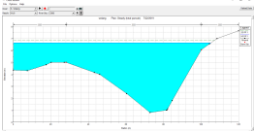
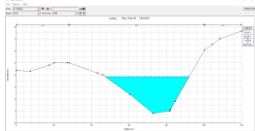
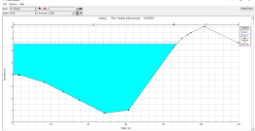
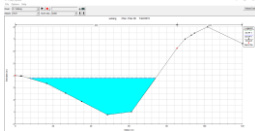
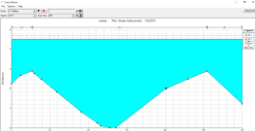
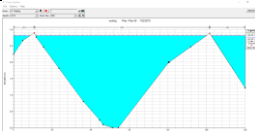
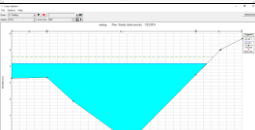
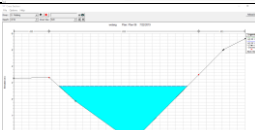


Setelah dimasukkan data di atas pada HEC-RAS, maka akan didapatkan hasil penampang terisi debit. Kemudian hasil ini dibandingkan dengan hasil HEC-RAS dari *inflow* untuk mengetahui perbandingan antara kapasitas penampang sungai sebelum dan setelah *retarding basin*.

Tabel 4. 156. Perbandingan W19 sebelum dan sesudah *retarding basin*

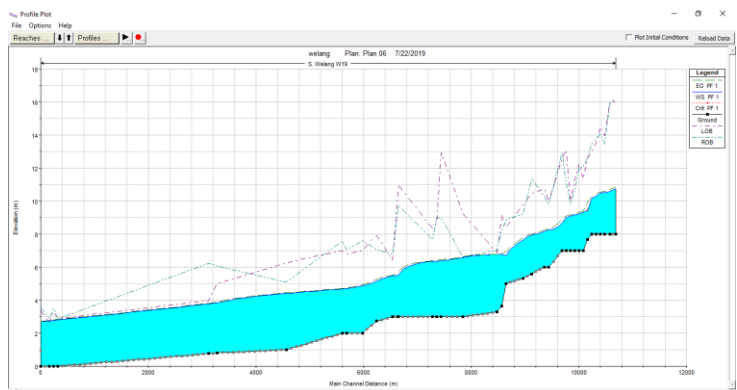
Nama	River Sta.	Sebelum <i>Retarding Basin</i>	Setelah <i>Retarding Basin</i>
W19	10160		
	10080		
	10000		
	9920		
	9840		
	9520		

Nama	River Sta.	Sebelum Retarding Basin	Setelah Retarding Basin
	9440		
	9200		
	9040		
	8720		
	8640		
	8560		
	7920		
	7520		

Nama	River Sta.	Sebelum <i>Retarding Basin</i>	Setelah <i>Retarding Basin</i>
	7440		
	7360		
	6618.653		
	6320		
	6056.289		
	5760		
	5680		
	4640		

Nama	River Sta.	Sebelum <i>Retarding Basin</i>	Setelah <i>Retarding Basin</i>
	3360		
	3200		
	400		
	320		
	240		

(Sumber : Hasil analisis dengan HEC-RAS)



Gambar 4. 67. Long section Sungai Welang reach W19 setelah *retarding basin*
(Sumber : Hasil analisis dengan HEC-RAS)

Selain itu, perlu juga diperhatikan kapasitas sungai di sub DAS. Pada analisa ini, *outflow* yang digunakan yaitu debit puncak tiap sub DAS. Data debit yang digunakan sebagai berikut.

Tabel 4. 157. *Outflow* puncak sub DAS yang digunakan untuk uji HEC-RAS

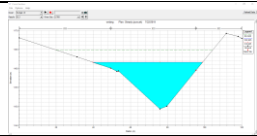
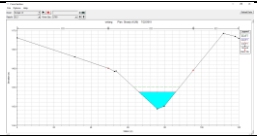
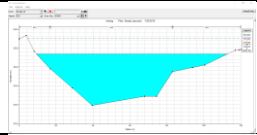
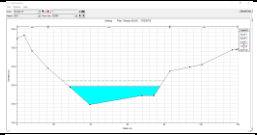
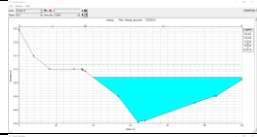
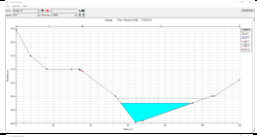
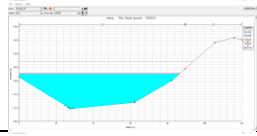
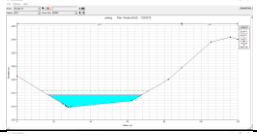
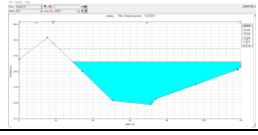
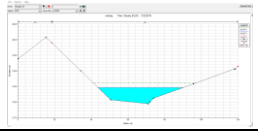
No.	Sub DAS	Debit (m ³ /det)
1	W1	0.184
2	S1	6.941
3	S2	3.512
4	S3	2.375
5	S4	4.127
6	S5	0.784
7	S6	14.997
8	S7	0.911
9	S8	0.536
10	S9	1.029
11	S10	0.589
12	S11	5.823
13	S12	3.603
14	S13	7.637
15	S14	7.180
16	S15	0.999

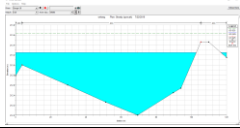
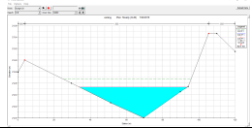
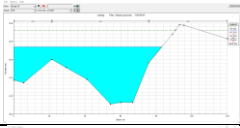
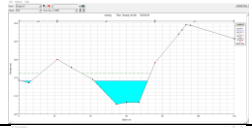
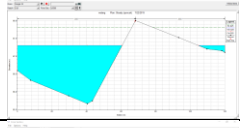
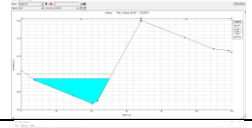
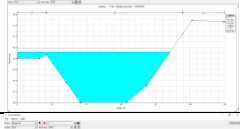
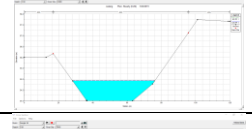
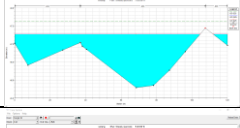
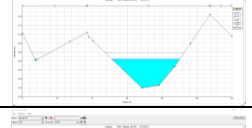
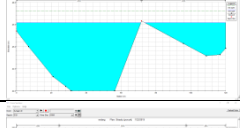
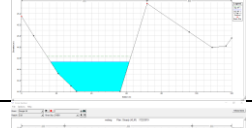
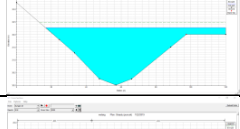
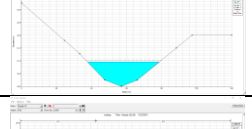
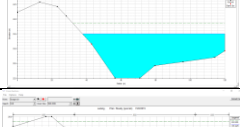
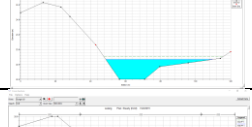
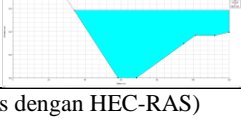
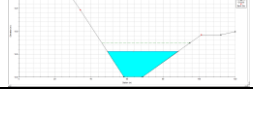
No.	Sub DAS	Debit (m ³ /det)
17	S16	2.711
18	S17	2.715
19	S18	26.203

(Sumber : Data perhitungan)

Setelah dimasukkan data di atas pada HEC-RAS, maka akan didapatkan hasil penampang terisi debit. Kemudian hasil ini dibandingkan dengan hasil HEC-RAS dari *inflow* untuk mengetahui perbandingan antara kapasitas penampang sungai sebelum dan setelah *retarding basin*.

Tabel 4. 158. Perbandingan sungai sub DAS sebelu dan sesudah *retarding basin*

Nama	River Sta.	Sebelum <i>Retarding Basin</i>	Setelah <i>Retarding Basin</i>
S13	1760		
S18	23280		
	22800		
	20560		
	19920		

Nama	River Sta.	Sebelum Retarding Basin	Setelah Retarding Basin
	19680		
	11600		
	10560		
	9280		
	7840		
	7680		
	4560		
	2000		
	560.0001		

(Sumber : Hasil analisis dengan HEC-RAS)

Tiap bangunan air yang berfungsi mereduksi banjir memiliki nilai efektifitas untuk mengetahui nilai yang dicapai suatu bangunan dalam mengurangi volume banjir. Untuk mengetahui efektifitas *retarding basin* dalam reduksi banjir yaitu sebagai berikut.

$$Efektifitas = \frac{\text{kapasitas kolam}}{\text{volume banjir}} \times 100\% = \frac{11696567 \text{ m}^3}{16061712 \text{ m}^3} \times 100\% = 73\%$$

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

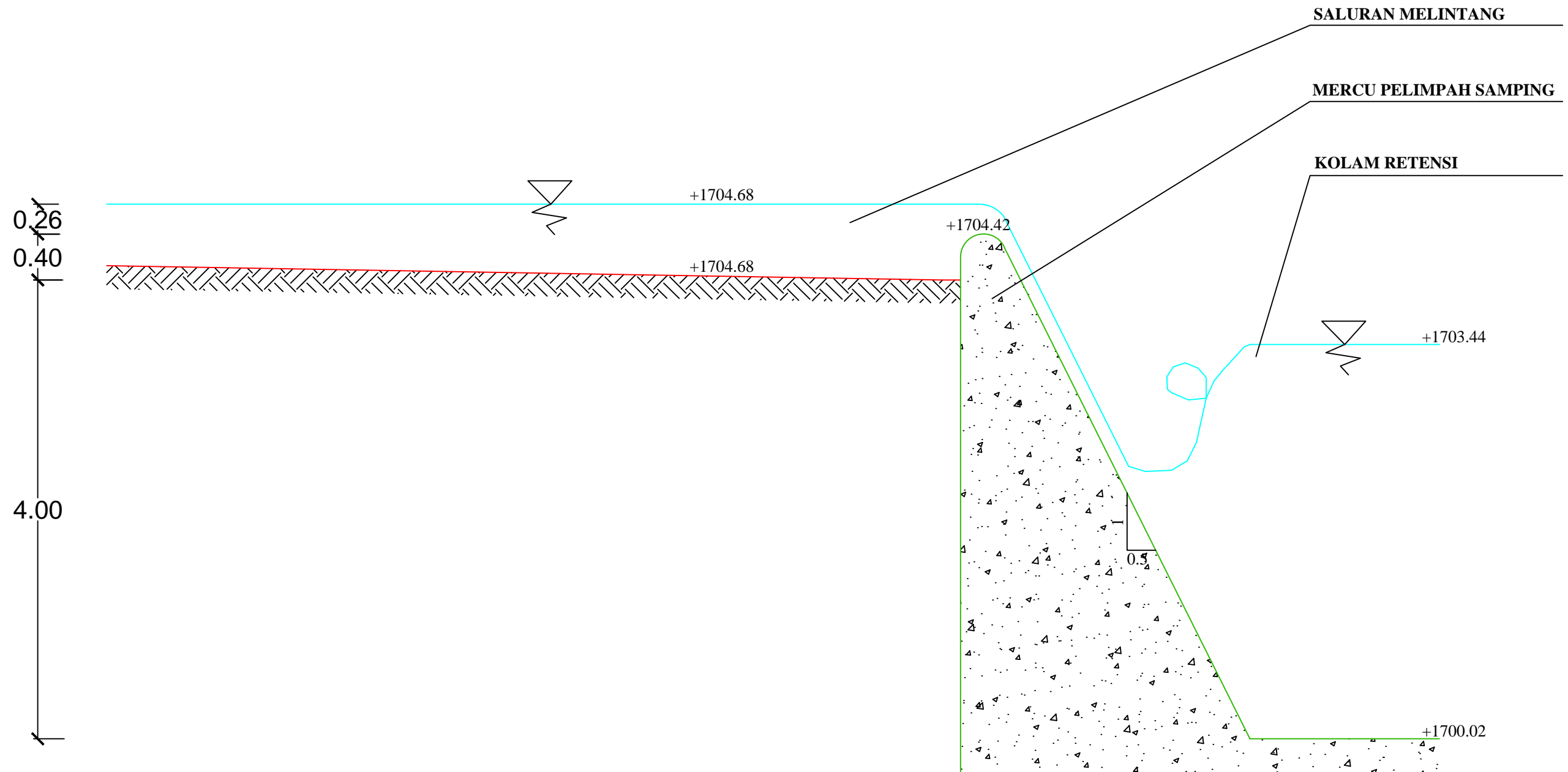
1. Pembagian sub DAS pada DAS Welang yang rencanakan menjadi lokasi *retarding basin* yang akan diamati yaitu 19 sub DAS yang terdiri dari W1, S1, S2, S3, S4, S5, S6, S7, S8, S9, S10, S11, S12, S13, S14, S15, S16, S17, dan S18.
2. Debit puncak banjir yang dihasilkan pada Sungai Welang berdasarkan total debit banjir sub DAS dengan total area sub DAS sebesar 408.374 m² yaitu 627.141 m³/detik. Sedangkan debit puncak DAS Welang dengan luas area sebesar 521.788 m² yaitu 873.548 m³/detik.
3. Kapasitas *retarding basin* pada titik lokasi yang akan ditentukan sebanyak 19 kolam yang berada di W1 sebesar 23159 m³, S1 sebesar 874461 m³, S2 sebesar 442256 m³, S3 sebesar 299091 m³, S4 sebesar 519988 m³, S5 sebesar 98765 m³, S6 sebesar 1888543 m³, S7 sebesar 114732 m³, S8 sebesar 67490 m³, S9 sebesar 129721 m³, S10 sebesar 74270 m³, S11 sebesar 733725 m³, S12 sebesar 453663 m³, S13 sebesar 962095 m³, S14 sebesar 904519 m³, S15 sebesar 125886 m³, S16 sebesar 341441 m³, S17 sebesar 342038 m³, dan S18 sebesar 3300721 m³.
4. Keefektifan metode *retarding basin* sebagai alternatif reduksi banjir pada Sungai Welang sebesar 73 %.

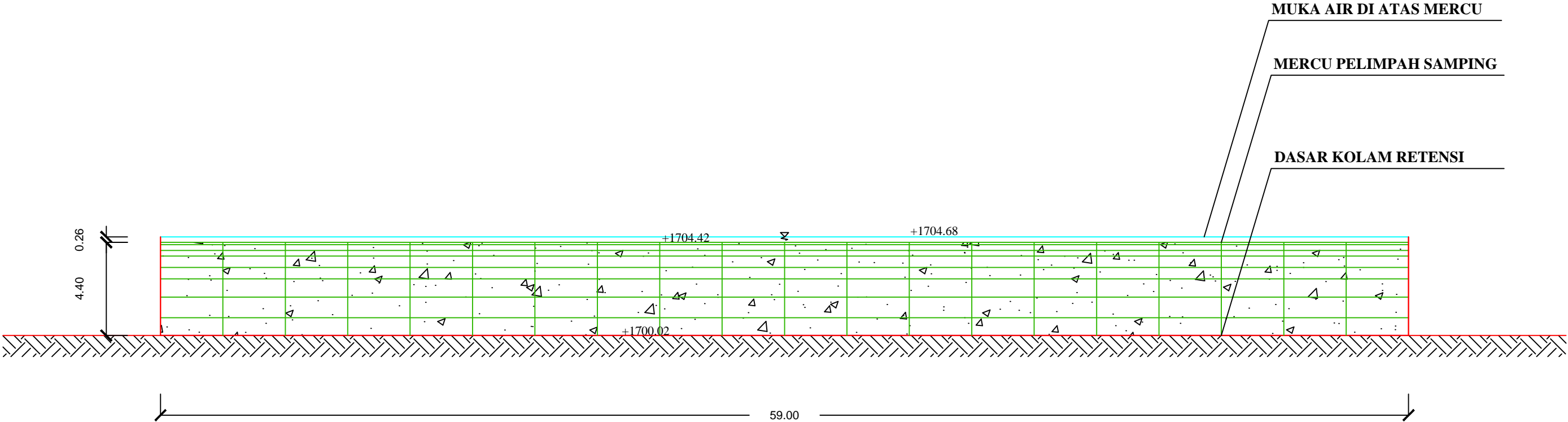
5.2 Saran

Dibutuhkan pengkajian terhadap lapangan secara langsung agar dapat memahami kondisi pada kasus tersebut. Selain itu juga dalam menentukan perencanaan bangunan air harus dibutuhkan literatur dan referensi yang jelas dan bisa menyesuaikan pada kondisi di lapangan. Selain itu diperlukan juga data-data yang terbaru dan mengkaji data-data terdahulu agar hasil analisa sesuai dengan keadaan yang sekarang.

“halaman ini sengaja dikosongkan”

LAMPIRAN





LAMPIRAN 4



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL

Kampus ITS Manyar, Jl. Menur 127 Surabaya 60116

Telp : 031 5947637, Fax : 031 5938025

<http://www.dtis.its.ac.id>

Nomor : 080826 /IT2.VI.8.1/PP.05.02/2018
Lampiran : -
Perihal : Pemohonan Data untuk Tugas Akhir Terapan

12 NOV 2018

Kepada Yth. : **Kepala Balai Besar Wilayah Sungai Brantas**
Jl. Raya Menganti No. 312, Wiyung Surabaya
Telp. (031) 7521645, 7523488

Dalam rangka melaksanakan salah satu kurikulum Program Studi Diploma IV Jurusan Teknik Infrastruktur Sipil Fakultas Vokasi - ITS, maka bersama ini kami mohon bantuannya agar mahasiswa tersebut dibawah ini:

NAMA	NRP
1. NADYA RISKHA H	10111510000037

diberi kesempatan untuk memperoleh informasi / data yang diperlukan :

- Data Curah Hujan
- Data Penampang Sungai Welang

untuk pelaksanaan Tugas Akhir Terapan, dengan tema / rencana judul:

"Analisa Reduksi Banjir Di Sungai Welang Kabupaten Dengan Rencana Pengembangan Separate Retarding Basin"

Demikian atas perhatian serta bantuannya, kami sampaikan terima kasih.

Kepala Departemen,

Dr. Mardiusus, ST, MT
NIP. 19730914 200501 1 002

Tembusan :

1. Mahasiswa Ybs.
2. UPT TU dan Kearsipan ITS

LAMPIRAN 5



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
Kampus ITS Manyar, Jl. Menur 127 Surabaya 60116
Telp : 031 5947637, Fax : 031 5938025
<http://www.dtis.its.ac.id>

Nomor : 083420 /IT2.VI.8.1/PP.05.02/2018
Lampiran :
Perihal : Permohonan Data untuk Tugas Akhir Terapan

22 NOV 2018

Kepada Yth. : **Dinas Pekerjaan Umum Sumber Daya Air Dan Tata Ruang,
Kabupaten Pasuruan Kompleks Perkantoran Pemkab. Pasuruan
Jl. Raya Raci KM 09 Pasuruan - Bangil Telp. (0343) 741550, 4505550**

Dalam rangka melaksanakan salah satu kurikulum Program Studi Diploma IV Jurusan Teknik Infrastruktur Sipil Fakultas Vokasi - ITS, maka bersama ini kami mohon bantuannya agar mahasiswa tersebut dibawah ini:

NAMA	NRP
1. NADYA RISKHA H	10111510000037

diberi kesempatan untuk memperoleh informasi / data yang diperlukan :

- Data Curah Hujan (1997 – 2017) ✓
- Data Penampang Sungai Welang ✓
- Data Debit Sungai Welang ✓
- Peta Tata Ruang Kabupaten Pasuruan ✓

untuk pelaksanaan Tugas Akhir Terapan, dengan tema / rencana judul:

"Analisa Reduksi Banjir Di Sungai Welang Kabupaten Pasuruan Dengan Rencana Pengembangan Separate Retarding Basin"

Demikian atas perhatian serta bantuannya, kami sampaikan terima kasih.

Cepa Departemen,

Dr. Machsuis ST. MT
Nip. 19730014 200501 1 002

Tembusan :

1. Mahasiswa Ybs.
2. UPT TU dan Kearsipan ITS

LAMPIRAN 6



PEMERINTAH KABUPATEN PASURUAN
BADAN KESATUAN BANGSA DAN POLITIK
Jl. Panglima Sudirman No. 54 Telp (0343) 424162 Fax.(0343)411553
Email : bakesbangpol@pasuruankab.go.id

REKOMENDASI PENELITIAN/SURVEY

NO. 072 / 1034 / 424.104/SUR/RES/2018

- Dasar : 1. Peraturan Menteri Dalam Negeri Nomor 41 Tahun 2010 tentang Organisasi dan Tata Kerja Kementerian Dalam Negeri (Berita Negara Republik Indonesia Tahun 2010 Nomor 316), sebagaimana telah diubah dengan Peraturan Menteri Dalam Negeri Nomor 14 Tahun 2011 tentang Perubahan Atas Peraturan menteri Dalam Negeri Nomor 41 Tahun 2010 tentang Organisasi dan Tata Kementrian Dalam Negeri (Berita negara Republik Indonesia Tahun 2011 Nomor 168),
2. Peraturan Menteri Dalam Negeri Republik Indonesia Nomor 64 Tahun 2011 tentang Pedoman Penerbitan Rekomendasi Penelitian, sebagaimana telah diubah dengan Peraturan Menteri Dalam Negeri No. 7 Tahun 2014 tentang Perubahan atas peraturan Menteri Dalam Negeri Nomor 64 Tahun 2011
- Z : Surat dari Dekan Fakultas Vokasi Departemen Teknik Infrastruktur Sipil Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya , tanggal 22 November 2018 Nomor : 083420/IT.2.VI.8.1/PP.05.02/2018 Perihal Permohonan Ijin NADYA RISKHA HAYUNINGTYAS

Badan Kesatuan Bangsa dan Politik Pemerintah Kabupaten Pasuruan, memberikan Rekomendasi Kepada :

Nama : **NADYA RISKHA HAYUNINGTYAS**
NIM : 1011151000037
Alamat : Jl. Perum. Palm Residence A-21 RT.005 RW.007, Kel Karah, Kec. Jambangan, Surabaya
Pekerjaan/Jabatan : Mahasiswa
Instansi/Organisasi : Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Kebangsaan : Indonesia

Judul Penelitian : **"ANALISA REDUKSI BANJIR DI SUNGAI WELANG KABUPATEN PASURUAN DENGAN RENCANA PENGEMBANGAN SEPERATE RETARDING BASIN"**

Tujuan : Penelitian
Bidang Penelitian : Teknik Sipil
penanggung Jawab : **NADYA RISKHA HAYUNINGTYAS**
Anggota/Peserta :

1. -
2. -
3. -
4. -
5. -
6. -
7. -
8. -
9. -

Waktu Penelitian : 6 (satu) Bulan TMT Surat dikeluarkan

Lokasi Penelitian : Sungai Welang, Kabupaten Pasuruan

1. Berkewajiban menghormati dan mentaati Peraturan dan tata tertib di daerah setempat/lokasi penelitian/survey/kegiatan;
2. Pelaksanaan penelitian agar tidak disalahgunakan untuk tujuan tertentu yang dapat mengganggu kestabilan keamanan dan ketertiban di daerah/lokasi setempat;
3. Berkewajiban melaporkan hasil penelitian dan sejenisnya kepada Badan Kesatuan Bangsa dan Politik Pemerintah Kabupaten Pasuruan dalam kesempatan pertama.

Pasuruan, 26 November 2018

An: Kepala Badan Kesatuan Bangsa dan Politik
Kabupaten Pasuruan
Kepala Bidang Kesatuan Bangsa



FAUZAN, S.Pd. MM

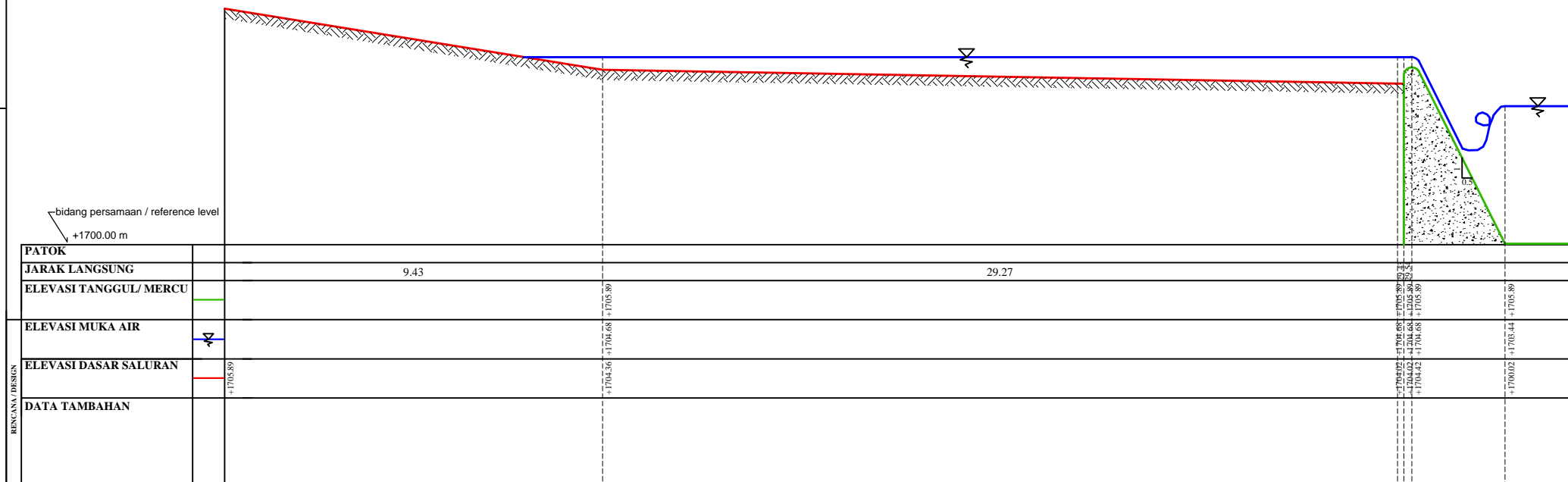
Pembina

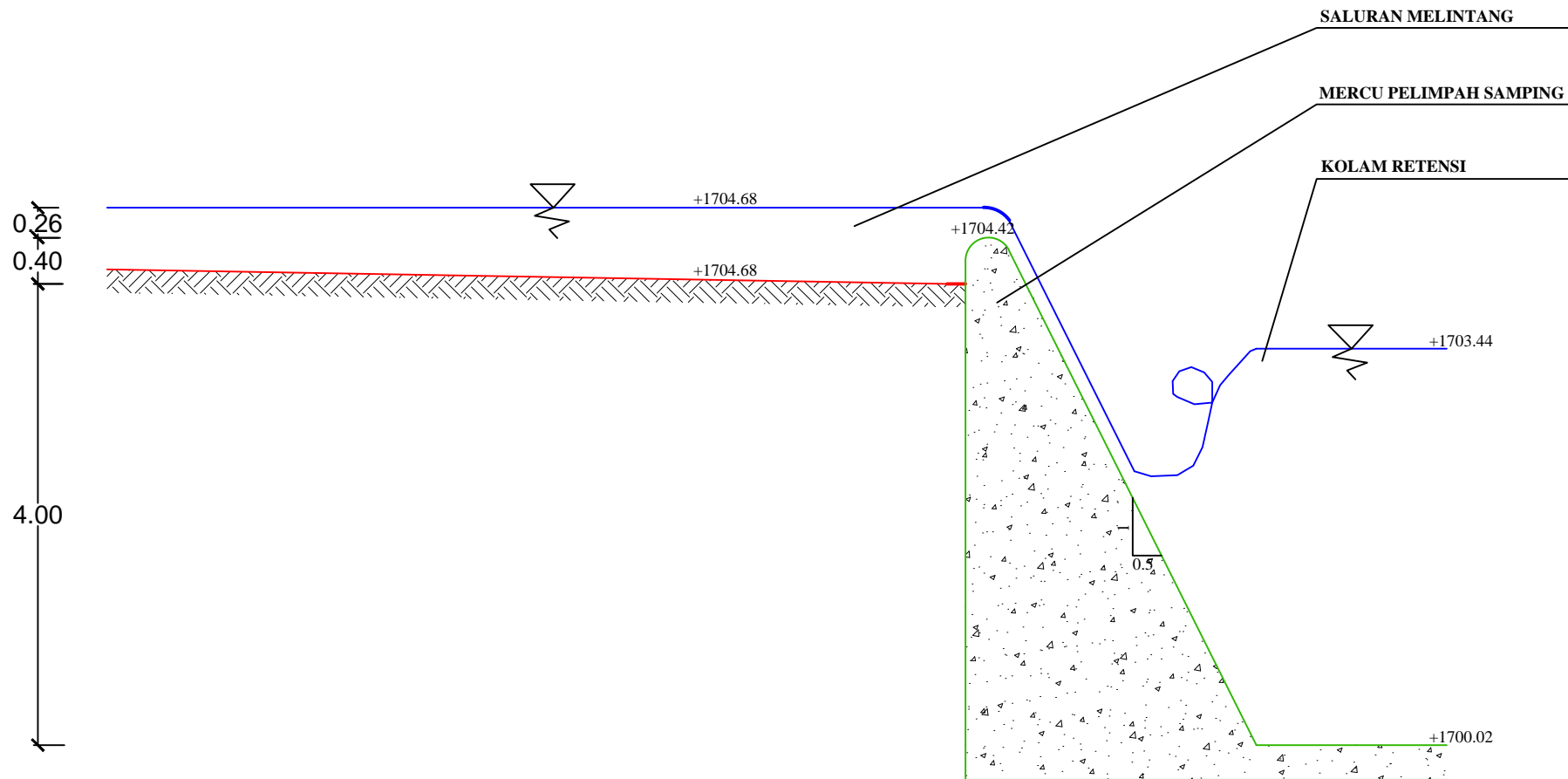
NIP. 196706151986021001


TEMBUSAN :

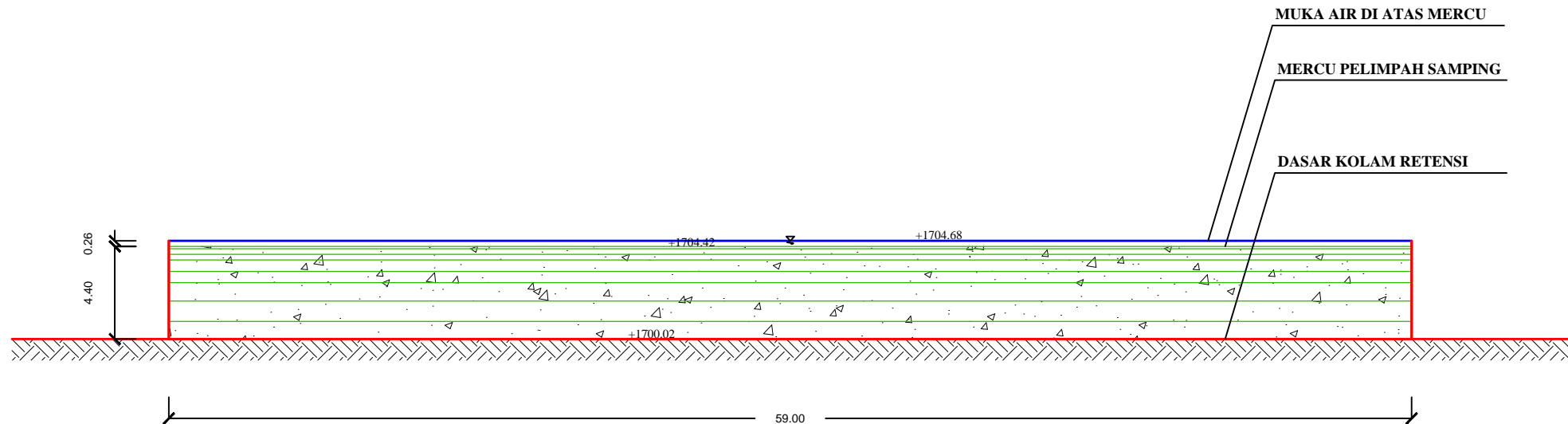
Yth.

1. Kepala BAPPEDA Kabupaten Pasuruan
2. Kepala Dinas Pekerjaan Umum Sumberdaya air dan Tataruang Kab. Pasuruan
3. Kepala UPT Pengelolah Sumber Daya Air Wilayah Sungai Gembong Pekalen
4. Arsip.
5. -





	INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER FAKULTAS VOKASI DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL		
	DETAIL TAMPAK SAMPING PELIMPAH SAMPING		KETERANGAN
	SUB DAS 18		LAMPIRAN 2
	NADYA RISKHA H. 10111510000037	DOSEN PEMBIMBING Dr. Ir. HENDRA WAHJUDI, MS	H = 1 : 28 V = 1 : 28



LAMPIRAN 4



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
Kampus ITS Manyar, Jl. Menur 127 Surabaya 60116
Telp : 031 5947637, Fax : 031 5938025
<http://www.dtis.its.ac.id>

Nomor : 080826 /IT2.VI.8.1/PP.05.02/2018
Lampiran : -
Perihal : Permohonan Data untuk Tugas Akhir Terapan

12 NOV 2018

Kepada Yth. : **Kepala Balai Besar Wilayah Sungai Brantas
Jl. Raya Menganti No. 312, Wiyung Surabaya
Telp. (031) 7521645, 7523488**

Dalam rangka melaksanakan salah satu kurikulum Program Studi Diploma IV Jurusan Teknik Infrastruktur Sipil Fakultas Vokasi - ITS, maka bersama ini kami mohon bantuannya agar mahasiswa tersebut dibawah ini:

NAMA	NRP
1. NADYA RISKHA H	10111510000037

diberi kesempatan untuk memperoleh informasi / data yang diperlukan :

- Data Curah Hujan
- Data Penampang Sungai Welang

untuk pelaksanaan Tugas Akhir Terapan, dengan tema / rencana judul:

"Analisa Reduksi Banjir Di Sungai Welang Kabupaten Dengan Rencana Pengembangan Separate Retarding Basin"

Demikian atas perhatian serta bantuannya, kami sampaikan terima kasih.

Kepala Departemen,

Dr. Markus, ST. MT
Nip. 19730914 200501 1 002

Tembusan :

1. Mahasiswa Ybs.
2. UPT TU dan Kearsipan ITS

LAMPIRAN 5



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
Kampus ITS Manyar, Jl. Menur 127 Surabaya 60116
Telp : 031 5947637, Fax : 031 5938025
<http://www.dtis.its.ac.id>

Nomor : 083420 /IT2.VI.8.1/PP.05.02/2018
Lampiran :
Perihal : Permohonan Data untuk Tugas Akhir Terapan

22 NOV 2018

Kepada Yth. : **Dinas Pekerjaan Umum Sumber Daya Air Dan Tata Ruang,
Kabupaten Pasuruan Kompleks Perkantoran Pemkab. Pasuruan
Jl. Raya Raci KM 09 Pasuruan - Bangil Telp. (0343) 741550, 4505550**

Dalam rangka melaksanakan salah satu kurikulum Program Studi Diploma IV Jurusan Teknik Infrastruktur Sipil Fakultas Vokasi - ITS, maka bersama ini kami mohon bantuannya agar mahasiswa tersebut dibawah ini:

NAMA	NRP
1. NADYA RISKHA H	10111510000037


diberi kesempatan untuk memperoleh informasi / data yang diperlukan :

- Data Curah Hujan (1997 – 2017) ✓
- Data Penampang Sungai Welang ✓
- Data Debit Sungai Welang ✓
- Peta Tata Ruang Kabupaten Pasuruan .

untuk pelaksanaan Tugas Akhir Terapan, dengan tema / rencana judul:

"Analisa Reduksi Banjir Di Sungai Welang Kabupaten Pasuruan Dengan Rencana Pengembangan Separate Retarding Basin"

Demikian atas perhatian serta bantuannya, kami sampaikan terima kasih.

Kepala Departemen,

Dr. Machsul ST. MT
Nip. 19730914 200501 1 002

Tembusan :

1. Mahasiswa Ybs.
2. UPT TU dan Kearsipan ITS

DAFTAR PUSTAKA

- AMPL Pemkab Bandung. 2014. *Buku Panduan Sistem Drainase Mandiri Berbasis Masyarakat yang Berwawasan Lingkungan : Tata Cara Pembuatan Kolam Retensi dan Polder dengan Saluran-Saluran Utama*. Bandung : AMPL Pemkab Bandung
- Andayani, Reni dkk. 2017. *Penanganan Banjir Dengan Kolam Retensi (Retarding Basin) di Kelurahan Gandus Kota Palembang*. Jurnal Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Palembang. 7 (13) : 27-33
- Badan Informasi Geospasial. 2016. *Ina-Geoportal*. <http://portal.ina-sdi.or.id/> diakses pada Maret 2019
- Badan Informasi Geospasial. 2017. *Ina-Geoportal*. <http://tanahair.indonesia.go.id/> diakses pada Januari 2019
- Badan Informasi Geospasial. 2018. *DEMNAS*. <http://tides.big.go.id/DEMNAS/> diakses pada Februari 2019
- Baskoro, Bima A dkk. 2018. *Perencanaan Kolam Retensi Sebagai Usaha Mereduksi Banjir Sungai Citarum Hulu, Kabupaten Bandung*. Jurnal Mahasiswa Jurusan Teknik Pengairan. Vol 1, No 2 (2018)
- BSN. 2016. *SNI 2415:2016 Tata Cara Perhitungan Debit Banjir Rencana*. Jakarta : BSN
- DITJEN PDASHL. 2019. *Peta DAS dan Sub DAS*. <http://sim-pdashl.menlhk.go.id/vn/index.php> diakses pada Februari 2019
- Kamiana, I Made. 2010. *Teknik Perhitungan Debit Rencana Bangunan Air*. Yogyakarta : Graha Ilmu
- Kementerian PU Direktorat Jenderal Sumber Daya Air. 2013. *Standar Perencanaan Irigasi : Kriteria Perencanaan Bagian Bangunan KP-04*. Jakarta : Kementerian PU
- Hadisusanto, Nugroho. 2010. *Aplikasi Hidrologi*. Malang : Jogja Mediautama

- Istiarto. 2012. *Simulasi Aliran 1-Dimensi Dengan Bantuan Paket Program Hidrodinamika HEC-RAS*. Yogyakarta : UGM
- Istiarto. 2015. *Genangan Banjir (HEC-GeoRAS)*. Yogyakarta : UGM
- Sumanto. 2018. *Penerapan Sistem Kolam Retensi (Retarding Basin) pada Daerah Aliran Sungai Deli untuk Pengendalian Banjir Kota Medan*. Medan : USU
- Suripin. 2004. *Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan*. Yogyakarta : Penerbit ANDI
- Triatmodjo, Bambang. 2014. *Hidrologi Terapan*. Yogyakarta : Beta Offset

BIODATA PENULIS



Penulis bernama lengkap Nadya Riska Hayuningtyas lahir di Bontang, Kalimantan Timur pada tanggal 7 Januari 1997 dan merupakan anak pertama dari tiga bersaudara. Penulis merupakan lulusan dari SD 2 Yayasan Pupuk Kaltim Bontang, juga pernah bersekolah di SMP Yayasan Pupuk Kaltim Bontang, dan SMA Yayasan Pupuk Kaltim Bontang. Penulis juga aktif di kegiatan kemahasiswaan di ITS. Penulis pernah menjabat sebagai Kepala Departemen Komunikasi dan Informasi UKM Ju-Jitsu ITS periode 2016/2017. Penulis juga aktif pada Lembaga Dakwah Jurusan JMAA ITS periode 2016/2017. Selain itu penulis juga mengikuti kepanitiaan D'Village 6th Edition 2016 dan D'Village 7th Edition 2017 sebagai sie acara Tender Cup. Penulis dapat dihubungi melalui e-mail : nadyahayuningtyas@gmail.com.